

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-208114

(43)Date of publication of application : 26.07.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

G11B 5/39

H01L 43/08

(21)Application number : 2001-337422

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 02.11.2001

(72)Inventor : SATO KEIICHI

WATABE YUICHI

ROPPONGI TETSUYA

(30)Priority

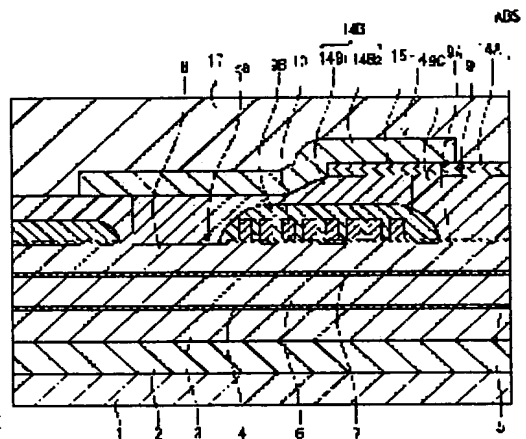
Priority number : 2000344507 Priority date : 10.11.2000 Priority country : JP

(54) THIN FILM MAGNETIC HEAD AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the magnetic field in the direction perpendicular to the surface of a recording medium, generated from a magnetic pole part and to shorten the magnetic path length to enhance high frequency characteristics in a thin film magnetic head.

SOLUTION: A thin film magnetic head is provided with a first and a second magnetic layers 8 and 14 each including a magnetic pole part and magnetically connected with each other at a position apart from a medium facing surface ABS, a gap layer 9 provided between the magnetic layers 8 and 14 and a thin film coil 10, a part of which is provided between the magnetic layers 8 and 14. The second magnetic layer 14 has a magnetic pole part layer 14A and a yoke part layer 14B. The saturated magnetic flux density of the magnetic pole part layer 14A is higher than the saturated magnetic flux density of the yoke part layer 14B. The yoke part layer 14B comprises a first layer 14B1 coming in contact with the surfaces on the gap layer 9 side of the first magnetic layer 8 and the magnetic pole part layer 14A and a second layer 14B2 coming into contact with the first layer 14B1 and both side surfaces of the rear end surface and the width direction of the magnetic pole part layer 14A.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3640916

[Date of registration]

28.01.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-208114

(P2002-208114A)

(43) 公開日 平成14年7月26日 (2002.7.26)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テラート* (参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

C 5 D 0 3 3

D 5 D 0 3 4

F

K

5/39

5/39

審査請求 未請求 請求項の数54 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-337422(P2001-337422)

(22) 出願日 平成13年11月2日 (2001.11.2)

(31) 優先権主張番号 特願2000-344507(P2000-344507)

(32) 優先日 平成12年11月10日 (2000.11.10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 佐藤 慶一

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 渡部 裕一

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美

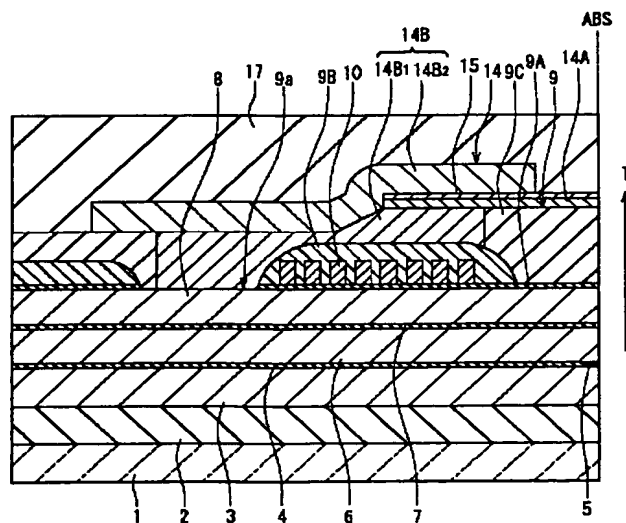
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させる。

【解決手段】 薄膜磁気ヘッドは、それぞれ磁極部分を含むと共に、媒体対向面 A B S から離れた位置において磁気的に連結された第1の磁性層 8 および第2の磁性層 14 と、磁性層 8、14 の間に設けられたギャップ層 9 と、一部が磁性層 8、14 の間に設けられた薄膜コイル 10 とを備えている。第2の磁性層 14 は、磁極部分層 14 A とヨーク部分層 14 B とを有している。磁極部分層 14 A の飽和磁束密度は、ヨーク部分層 14 B の飽和磁束密度以上になっている。ヨーク部分層 14 B は、第1の磁性層 8 と磁極部分層 14 A のギャップ層 9 側の面とに接する第1層 14 B₁ と、第1層 14 B₁ と磁極部分層 14 A の後端面および幅方向の両側面とに接する第2層 14 B₂ とを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互に対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第 1 および第 2 の磁性層と、非磁性材料よりなり、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間に、前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドであって、前記薄膜コイルの少なくとも一部の第 2 の磁性層側の面は、媒体対向面における前記ギャップ層の第 2 の磁性層側の端部の位置よりも第 1 の磁性層側の位置に配置され、前記第 2 の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、前記磁極部分と前記第 1 の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有し、前記磁極部分層の飽和磁束密度は、前記ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であり、前記ヨーク部分層は、少なくとも前記磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、前記磁極部分層に対して磁氣的に接続されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記第 1 の磁性層は記録媒体の進行方向の後側に配置され、前記第 2 の磁性層は記録媒体の進行方向の前側に配置されることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記ヨーク部分層は、前記第 1 の磁性層と前記磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第 1 層と、前記第 1 層と前記磁極部分層の幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第 2 層とを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記ヨーク部分層の前記第 2 層は、更に、前記磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に磁氣的に接続されていることを特徴とする請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記ヨーク部分層は、更に、前記磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面において前記磁極部分層に対して磁氣的に接続されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記ヨーク部分層は、前記第 1 の磁性層と前記磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第 1 層と、前記第 1 層と前記磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第 2 層とを含むことを特徴とする請求項 5 記載の薄膜

磁気ヘッド。

【請求項 7】 前記ヨーク部分層の前記第 2 層は、更に、前記磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に磁氣的に接続されていることを特徴とする請求項 6 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記ヨーク部分層の媒体対向面側の端部は、媒体対向面から離れた位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記磁極部分層の前記ヨーク部分層と接する部分の幅は、前記磁極部分層の媒体対向面における幅よりも大きいことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 媒体対向面から前記磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面までの長さは $2\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 更に、前記磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】 前記非磁性層は媒体対向面に露出していることを特徴とする請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 13】 前記ヨーク部分層の一部は、前記非磁性層を介して前記磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に隣接し、前記非磁性層を介して前記磁極部分層に磁氣的に接続されていることを特徴とする請求項 11 または 12 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 14】 前記非磁性層は、前記磁極部分層を構成する材料、および前記ギャップ層のうち磁極部分層に接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料よりなることを特徴とする請求項 11 ないし 13 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 15】 前記薄膜コイルの少なくとも一部は、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層の磁極部分層との中間の位置よりも第 1 の磁性層に近い位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 16】 前記ギャップ層は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも前記薄膜コイルの少なくとも一部の巻線間に充填され、媒体対向面に露出しない第 1 の部分と、前記第 1 の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、媒体対向面に露出する第 2 の部分とを有することを特徴とする請求項 1 ないし 15 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 17】 前記第 1 の部分は、有機系の非導電性非磁性材料またはスピノンガラス膜よりなることを特徴とする請求項 16 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 18】 前記第 2 の部分は、無機系の非導電性非磁性材料よりなることを特徴とする請求項 16 または 17 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 19】 更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 20】 更に、前記媒体対向面側の一部が前記磁気抵抗効果素子を挟んで対向するように配置された、前記磁気抵抗効果素子をシールドするための第 1 および第 2 のシールド層を備えたことを特徴とする請求項 19 10 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 21】 前記第 1 の磁性層は前記第 2 のシールド層を兼ねていることを特徴とする請求項 20 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 22】 垂直磁気記録方式に用いられることを特徴とする請求項 1 ないし 21 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 23】 記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁気的に連結された第 1 および第 2 の磁性層と、非磁性材料よりなり、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間に、前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、前記第 2 の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、前記磁極部分と前記第 1 の磁性層とを磁気的に接続するヨーク部分層とを有し、前記磁極部分層の飽和磁束密度は、前記ヨーク部分層の飽和磁束密度以上である薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、 20

前記第 1 の磁性層を形成する工程と、

前記薄膜コイルの少なくとも一部の第 2 の磁性層側の面が、媒体対向面における前記ギャップ層の第 2 の磁性層側の端部の位置よりも第 1 の磁性層側の位置に配置され、且つ前記ヨーク部分層が、少なくとも前記磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、前記磁極部分層に対して磁気的に接続されるように、前記第 1 の磁性層の上に前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程とを備えたことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。 40

【請求項 24】 前記ヨーク部分層は、更に、前記磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面において前記磁極部分層に対して磁気的に接続されることを特徴とする請求項 23 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 25】 前記ヨーク部分層は、前記第 1 の磁性層と前記磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁気的に接続された第 1 層と、前記第 1 層と前記磁極部分層の幅方向の両側面とに接し、これらに対 50

して磁気的に接続された第 2 層とを含み、

前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程は、

前記第 1 の磁性層の上に、前記薄膜コイルと、この薄膜コイルを周囲に対して絶縁する前記ギャップ層の一部とを形成する工程と、

前記第 1 の磁性層および前記ギャップ層の一部の上に、前記ヨーク部分層の第 1 層を形成する工程と、

前記第 1 の磁性層、前記ギャップ層の一部および前記第 1 層の上に、前記ギャップ層の他の一部を形成する工程と、

前記第 1 層が露出するまで、前記ギャップ層の他の一部を研磨して、前記第 1 層および前記ギャップ層の他の一部の上面を平坦化する工程と、

平坦化された前記第 1 層および前記ギャップ層の他の一部の上に、前記磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成する工程と、

前記被エッチング層をドライエッチングによって選択的にエッチングして、前記第 1 層に接する前記磁極部分層の外形を決定すると共に前記第 1 層を露出させる工程と、

前記第 1 層の上に、前記ヨーク部分層の第 2 層を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項 23 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 26】 前記ヨーク部分層の第 2 層は、更に、前記磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面に接し、これに対して磁気的に接続されることを特徴とする請求項 25 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 27】 前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程は、更に、前記被エッチング層を形成する工程の後で、研磨により、前記被エッチング層の上面を平坦化する工程を含むことを特徴とする請求項 25 または 26 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 28】 前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程は、更に、前記被エッチング層を形成する工程の後で、前記被エッチング層の上に非磁性層を形成する工程と、前記非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成する工程とを含み、前記被エッチング層をエッチングする工程は、前記マスクを用いて、前記非磁性層および前記被エッチング層をエッチングすることを特徴とする請求項 25 ないし 27 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 29】 前記マスクを形成する工程は、前記非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応した空隙部を有するレジストフレームを形成し、このレジストフレームの空隙部内に前記マスクを形成することを特徴とする請求項 28 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 30】 前記ヨーク部分層の第 2 層は電気めっき法によって形成されることを特徴とする請求項 25 ないし 29 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方

法。

【請求項 3 1】 前記ヨーク部分層の第 2 層を形成する工程は、前記磁極部分層における媒体対向面側の一部を覆うレジストカバーを形成する工程と、前記レジストカバー、前記磁極部分層および前記ヨーク部分層の第 1 層の上に、電気めっき法のための電極層を形成する工程と、前記電極層を用いて、電気めっき法によってヨーク部分層の第 2 層を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項 3 0 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 2】 記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁気的に連結された第 1 および第 2 の磁性層と、非磁性材料よりなり、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間に、前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドであって、前記薄膜コイルの少なくとも一部の第 2 の磁性層側の面は、媒体対向面における前記ギャップ層の第 2 の磁性層側の端部の位置よりも第 1 の磁性層側の位置に配置され、前記第 2 の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、前記磁極部分と前記第 1 の磁性層とを磁気的に接続するヨーク部分層とを有し、前記磁極部分層の飽和磁束密度は、前記ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であり、前記ヨーク部分層は、少なくとも前記磁極部分層のギャップ層側の面において前記磁極部分層に対して磁気的に接続されており、前記ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分は、前記第 1 の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3 3】 前記ヨーク部分層の第 1 の磁性層とは反対側の面のうち前記磁極部分層と接しない部分は、前記磁極部分層のギャップ層側の面よりも第 1 の磁性層側に配置されていることを特徴とする請求項 3 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3 4】 前記ヨーク部分層の第 1 の磁性層とは反対側の面の少なくとも一部は、前記磁極部分層から離れるに従って徐々に第 1 の磁性層に近づいていることを特徴とする請求項 3 2 または 3 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3 5】 前記第 1 の磁性層は記録媒体の進行方向の後側に配置され、前記第 2 の磁性層は記録媒体の進行方向の前側に配置されることを特徴とする請求項 3 2

ないし 3 4 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3 6】 前記ヨーク部分層の媒体対向面側の端部は、媒体対向面から離れた位置に配置されていることを特徴とする請求項 3 2 ないし 3 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3 7】 前記磁極部分層の前記ヨーク部分層と接する部分の幅は、前記磁極部分層の媒体対向面における幅よりも大きいことを特徴とする請求項 3 2 ないし 3 6 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

10 【請求項 3 8】 媒体対向面から前記磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面までの長さは $2\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 3 2 ないし 3 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3 9】 更に、前記磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備えたことを特徴とする請求項 3 2 ないし 3 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

20 【請求項 4 0】 前記非磁性層は媒体対向面に露出していることを特徴とする請求項 3 9 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4 1】 前記非磁性層は、前記磁極部分層を構成する材料、および前記ギャップ層のうち磁極部分層に接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料よりなることを特徴とする請求項 3 9 または 4 0 記載の薄膜磁気ヘッド。

30 【請求項 4 2】 前記薄膜コイルの少なくとも一部は、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層の磁極部分層との中間の位置よりも第 1 の磁性層に近い位置に配置されていることを特徴とする請求項 3 2 ないし 4 1 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4 3】 前記ギャップ層は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも前記薄膜コイルの少なくとも一部の巻線間に充填され、媒体対向面に露出しない第 1 の部分と、前記第 1 の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、媒体対向面に露出する第 2 の部分とを有することを特徴とする請求項 3 2 ないし 4 2 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4 4】 前記第 1 の部分は、有機系の非導電性非磁性材料またはスピンオンガラス膜よりなることを特徴とする請求項 4 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

40 【請求項 4 5】 前記第 2 の部分は、無機系の非導電性非磁性材料よりなることを特徴とする請求項 4 3 または 4 4 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4 6】 更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする請求項 3 2 ないし 4 5 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

50 【請求項 4 7】 更に、前記媒体対向面側の一部が前記磁気抵抗効果素子を挟んで対向するように配置された、前記磁気抵抗効果素子をシールドするための第 1 および第 2 のシールド層を備えたことを特徴とする請求項 4 6

記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 48】 前記第 1 の磁性層は前記第 2 のシールド層を兼ねていることを特徴とする請求項 47 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 49】 垂直磁気記録方式に用いられることを特徴とする請求項 32 ないし 48 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 50】 記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、前記媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第 1 および第 2 の磁性層と、非磁性材料よりなり、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間に、前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、前記第 2 の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、前記磁極部分と前記第 1 の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有し、前記磁極部分層の飽和磁束密度は、前記ヨーク部分層の飽和磁束密度以上である薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第 1 の磁性層を形成する工程と、
前記薄膜コイルの少なくとも一部の第 2 の磁性層側の面が、媒体対向面における前記ギャップ層の第 2 の磁性層側の端部の位置よりも第 1 の磁性層側の位置に配置され、且つ前記ヨーク部分層が、少なくとも前記磁極部分層のギャップ層側の面において前記磁極部分層に対して磁氣的に接続され、前記ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分が、前記第 1 の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置されるように、前記第 1 の磁性層の上に前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程とを備えたことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 51】 前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程は、
前記第 1 の磁性層の上に、前記薄膜コイルと、この薄膜コイルを周囲に対して絶縁する前記ギャップ層の一部とを形成する工程と、
前記第 1 の磁性層および前記ギャップ層の一部の上に、前記ヨーク部分層を形成する工程と、
前記第 1 の磁性層、前記ギャップ層の一部および前記ヨーク部分層の上に、前記ギャップ層の他の一部を形成する工程と、
前記ヨーク部分層が露出するまで、前記ギャップ層の他の一部を研磨して、前記ヨーク部分層および前記ギャップ層の他の一部の上面を平坦化する工程と、
平坦化された前記ヨーク部分層および前記ギャップ層の他の一部の上に、前記磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成する工程と、

前記被エッチング層をドライエッチングによって選択的にエッチングして、前記ヨーク部分層に接する前記磁極部分層の外形を決定すると共に前記ヨーク部分層を露出させて、ヨーク部分層のギャップ層とは反対側の面を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項 50 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 52】 前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程は、更に、前記被エッチング層を形成する工程の後で、研磨により、前記被エッチング層の上面を平坦化する工程を含むことを特徴とする請求項 51 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 53】 前記ギャップ層、薄膜コイルおよび第 2 の磁性層を形成する工程は、更に、前記被エッチング層を形成する工程の後で、前記被エッチング層の上に非磁性層を形成する工程と、前記非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成する工程とを含み、前記被エッチング層をエッチングする工程は、前記マスクを用いて、前記非磁性層および前記被エッチング層をエッチングすることを特徴とする請求項 51 または 52 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 54】 前記マスクを形成する工程は、前記非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応した空隙部を有するレジストフレームを形成し、このレジストフレームの空隙部内に前記マスクを形成することを特徴とする請求項 53 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気ディスク装置、磁気テープ装置等の磁気記録再生装置に使用される薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気記録再生装置における記録方式には、信号磁化の向きを記録媒体の面内方向（長手方向）とする長手磁気記録方式と、信号磁化の向きを記録媒体の面に対して垂直な方向とする垂直磁気記録方式とがある。垂直磁気記録方式は、長手磁気記録方式に比べて、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくく、高い線記録密度を実現することが可能であると言われている。

【0003】 長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドは、一般的に、記録媒体に対向する媒体対向面（エアベアリング面）と、互いに磁氣的に連結され、媒体対向面側においてギャップ部を介して互いに対向する磁極部分を含む第 1 および第 2 の磁性層と、少なくとも一部が第 1 および第 2 の磁性層の間に、第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた構造になっている。

【0004】 一方、垂直磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドには、長手磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドと同様の構造のリングヘッドと、一つの主磁極によって記録媒体に対して垂直方向の磁界を印加する単磁極ヘッドとがあ

る。単磁極ヘッドを用いる場合には、記録媒体としては一般的に、基板上に軟磁性層と磁気記録層とを積層した2層媒体が用いられる。

【0005】ところで、薄膜磁気ヘッドでは、トラック密度を上げるためにトラック幅の縮小が望まれている。そして、記録媒体に印加される磁界の強度を低下させることなくトラック幅を縮小するために、磁極部分を含む磁性層を、磁極部分と、この磁極部分に対して磁気的に接続されたヨーク部分とに分け、磁極部分の飽和磁束密度をヨーク部分の飽和磁束密度よりも大きくした薄膜磁気ヘッドも種々提案されている。

【0006】上述のように、磁極部分を含む磁性層を、磁極部分とヨーク部分とに分けた構造の薄膜磁気ヘッドの例は、特開2000-57522号公報、特開2000-67413号公報、特開平11-102506号公報等に示されている。

【0007】上記の各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、いずれも、第1の磁性層と第2の磁性層のうち、記録媒体の進行方向の前側（薄膜磁気ヘッドを含むスライダにおける空気流出端側）に配置された第2の磁性層が、磁極部分とヨーク部分とに分けられている。

【0008】また、上記の各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、いずれも、ヨーク部分は、第1の磁性層と第2の磁性層との磁気的な接続部分から磁極部分まで、コイルを迂回するように配置されている。

【0009】特開2000-57522号公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は、主磁性膜と補助磁性膜とを有している。このヘッドでは、主磁性膜の媒体対向面側の一部によって磁極部分が構成され、主磁性膜の他の部分と補助磁性膜とによってヨーク部分が構成されている。

【0010】特開2000-67413号公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は、磁極部分を含む磁極部分層と、ヨーク部分を含むヨーク部分層とを有している。磁極部分層は、その後端面（媒体対向面とは反対側の面）、側面（媒体対向面およびギャップ部の面に垂直な面）および上面（ギャップ部とは反対側の面）でヨーク部分層と磁気的に接続されている。

【0011】特開平11-102506号公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は、磁極部分を含む磁極部分層と、ヨーク部分を含むヨーク部分層とを有している。磁極部分層は、その側面および上面でヨーク部分層と磁気的に接続されている。

【0012】一方、垂直磁気記録方式用の薄膜磁気ヘッドに関しては、「日経エレクトロニクス2000年9月25日号（no. 779），p. 206」における図2に、単磁極ヘッドの構造の一例が示されている。このヘッドでは、主磁極を含む磁性層は単層になっている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】例えば60ギガビット

／（インチ）¹以上のような大きな面記録密度を有する磁気記録再生装置を実現しようとする場合には、垂直磁気記録方式を採用することが有望視されている。しかしながら、垂直磁気記録方式に適した薄膜磁気ヘッドであって、60ギガビット／（インチ）¹以上のような大きな面記録密度を有する磁気記録再生装置を実現するための性能を有するヘッドは実現できていない。それは、従来の薄膜磁気ヘッドが以下で説明するような問題点を有しているためである。

【0014】まず、前記の各公報に示された薄膜磁気ヘッドは、いずれも、構造上、長手磁気記録方式用のヘッドであり、垂直磁気記録方式には適していない。具体的に説明すると、各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、いずれも、ギャップ部の厚みが小さいと共にスロートハイトが短く、ヨーク部分はコイルを迂回するように配置された構造であるため、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界が小さいという問題点がある。また、前記の各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、いずれも、第2の磁性層の磁極部分をパターニングするためのエッチングや磁極部分の形成後の工程の影響で、磁極部分のギャップ部とは反対側のエッジが湾曲しやすい。そのため、前記の各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、記録媒体におけるビットパターン形状に歪みが生じ、そのため線記録密度を高めることが難しいという問題点がある。また、前記の各公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、いずれも、ヨーク部分はコイルを迂回するように配置された構造であるため、磁路長が長くなり、そのため高周波特性が悪化するという問題点がある。

【0015】また、特開平11-102506号公報に示された薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分層は、その側面および上面でのみヨーク部分層と磁気的に接続されている。そのため、このヘッドでは、磁極部分層とヨーク部分層との磁気的な接続部分の面積が小さく、そのため、この接続部分において磁束が飽和して、媒体対向面において磁極部分より発生される磁界が小さくなるという問題点がある。

【0016】一方、「日経エレクトロニクス2000年9月25日号（no. 779），p. 206」における図2に示された薄膜磁気ヘッドでは、主磁極を含む磁性層は単層になっている。このヘッドでは、媒体対向面における磁性層の厚みを小さくするために、磁性層全体が薄くなっている。そのため、このヘッドでは、磁性層の途中で磁束が飽和しやすく、媒体対向面において主磁極より発生される磁界が小さくなるという問題点がある。また、このヘッドでは、主磁極を平坦化する必要性を考えたとき、磁性層全体を平坦化しなければならず、そのため、このヘッドでは、磁路は四角く、長くなっている。このような構造は、磁界強度および高周波特性の観点から非効率的である。

【0017】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくでき、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることができるようにした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、磁極部分層と第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有し、磁極部分層の飽和磁束密度は、ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であり、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されているものである。

【0019】本発明の第1の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されている。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁氣的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度がヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されていることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することができる。これらのことから、本発明では、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になる。

【0020】本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、第1の磁性層は記録媒体の進行方向の後側に配置され、

第2の磁性層は記録媒体の進行方向の前側に配置されてもよい。

【0021】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層は、第1の磁性層と磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第1層と、第1層と磁極部分層の幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第2層とを含んでいてもよい。この場合、ヨーク部分層の第2層は、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に磁氣的に接続されていてもよい。

【0022】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面において磁極部分層に対して磁氣的に接続されていてもよい。この場合、ヨーク部分層は、第1の磁性層と磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第1層と、第1層と磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第2層とを含んでいてもよい。この場合、ヨーク部分層の第2層は、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に磁氣的に接続されていてもよい。

【0023】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層の媒体対向面側の端部は、媒体対向面から離れた位置に配置されていてもよい。

【0024】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分の幅は、磁極部分層の媒体対向面における幅よりも大きくてもよい。

【0025】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、媒体対向面から磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面までの長さは $2\mu\text{m}$ 以上であってもよい。

【0026】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備えていてもよい。この場合、非磁性層は媒体対向面に露出していてもよい。また、ヨーク部分層の一部は、非磁性層を介して磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に隣接し、非磁性層を介して磁極部分層に磁氣的に接続されていてもよい。また、非磁性層は、磁極部分層を構成する材料、およびギャップ層のうち磁極部分層に接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料よりなっている。従って、本発明では、エッチング速度が小さい材料よりなっている。

【0027】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、薄膜コイルの少なくとも一部は、第1の磁性層と第2の磁性層の磁極部分層との中間の位置よりも第1の磁性層に近い位置に配置されていてもよい。

【0028】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、ギャップ層は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも薄膜コイルの少なくとも一部の巻線間に充填され、媒体対向面に露出しない第1の部分と、第

1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、媒体対向面に露出する第2の部分とを有しているもよい。この場合、第1の部分は、有機系の非導電性非磁性材料またはスピノンガラス膜よりなっているもよい。また、第2の部分は、無機系の非導電性非磁性材料よりなっているもよい。

【0029】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えているもよい。この場合、更に、媒体対向面側の一部が磁気抵抗効果素子を挟んで対向するように配置された、磁気抵抗効果素子をシールドするための第1および第2のシールド層を備えているもよい。また、第1の磁性層は第2のシールド層を兼ねているもよい。

【0030】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドは、垂直磁気記録方式に用いられるものであってもよい。

【0031】本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁気的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、磁極部分層と第1の磁性層とを磁気的に接続するヨーク部分層とを有し、磁極部分層の飽和磁束密度は、ヨーク部分層の飽和磁束密度以上である薄膜磁気ヘッドを製造する方法であって、第1の磁性層を形成する工程と、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面が、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、且つヨーク部分層が、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されるように、第1の磁性層の上にギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程とを備えたものである。

【0032】本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁気的に接続される。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁気的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度が

ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することができる。これらのことから、本発明では、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になる。

【0033】本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面において磁極部分層に対して磁気的に接続されてもよい。

【0034】また、本発明の第1の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、ヨーク部分層は、第1の磁性層と磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁気的に接続された第1層と、第1層と磁極部分層の幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁気的に接続された第2層とを含み、ギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程は、第1の磁性層の上に、薄膜コイルと、この薄膜コイルを周囲に対して絶縁するギャップ層の一部とを形成する工程と、第1の磁性層およびギャップ層の一部の上に、ヨーク部分層の第1層を形成する工程と、第1の磁性層、ギャップ層の一部および第1層の上に、ギャップ層の他の一部を形成する工程と、第1層が露出するまで、ギャップ層の他の一部を研磨して、第1層およびギャップ層の他の一部の上面を平坦化する工程と、平坦化された第1層およびギャップ層の他の一部の上に、磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成する工程と、被エッチング層をドライエッチングによって選択的にエッチングして、第1層に接する磁極部分層の外形を決定すると共に第1層を露出させる工程と、第1層の上に、ヨーク部分層の第2層を形成する工程とを含んでいてもよい。

【0035】この場合、ヨーク部分層の第2層は、更に、磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面に接し、これに対して磁気的に接続されてもよい。また、ギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程は、更に、被エッチング層を形成する工程の後で、研磨により、被エッチング層の上面を平坦化する工程を含んでいてもよい。

【0036】また、ギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程は、更に、被エッチング層を形成する工程の後で、被エッチング層の上に非磁性層を形成する工程と、非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成する工程とを含み、被エッチング層をエッチングする工程は、マスクを用いて、非磁性層および被エッチング層をエッチングしてもよい。マスクを形成する工程は、非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応した空隙部を有するレジストフレームを形成し、こ

のレジストフレームの空隙部内にマスクを形成してもよい。

【0037】また、ヨーク部分層の第2層は電気めっき法によって形成されてもよい。この場合、ヨーク部分層の第2層を形成する工程は、磁極部分層における媒体対向面側の一部を覆うレジストカバーを形成する工程と、レジストカバー、磁極部分層およびヨーク部分層の第1層の上に、電気めっき法のための電極層を形成する工程と、電極層を用いて、電気めっき法によってヨーク部分層の第2層を形成する工程とを含んでいてもよい。

【0038】本発明の第2の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁氣的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドであって、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、磁極部分と第1の磁性層とを磁氣的に接続するヨーク部分層とを有し、磁極部分層の飽和磁束密度は、ヨーク部分層の飽和磁束密度以上であり、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において磁極部分層に対して磁氣的に接続されており、ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分は、第1の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置されているものである。

【0039】本発明の第2の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において磁極部分層に対して磁氣的に接続されており、ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分は、第1の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置されている。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁氣的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度がヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されていることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することが

できる。これらのことから、本発明では、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になる。

【0040】本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層の第1の磁性層とは反対側の面のうち磁極部分層と接しない部分は、磁極部分層のギャップ層側の面よりも第1の磁性層側に配置されていてもよい。

【0041】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層の第1の磁性層とは反対側の面の少なくとも一部は、磁極部分層から離れるに従って徐々に第1の磁性層に近づいていてもよい。

【0042】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、第1の磁性層は記録媒体の進行方向の後側に配置され、第2の磁性層は記録媒体の進行方向の前側に配置されてもよい。

【0043】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨーク部分層の媒体対向面側の端部は、媒体対向面から離れた位置に配置されていてもよい。

【0044】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分の幅は、磁極部分層の媒体対向面における幅よりも大きくてもよい。

【0045】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、媒体対向面から磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面までの長さは2 μ m以上であってもよい。

【0046】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備えていてもよい。この場合、非磁性層は媒体対向面に露出しているてもよい。また、非磁性層は、磁極部分層を構成する材料、およびギャップ層のうち磁極部分層に接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料よりなっているてもよい。

【0047】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、薄膜コイルの少なくとも一部は、第1の磁性層と第2の磁性層の磁極部分層との中間の位置よりも第1の磁性層に近い位置に配置されていてもよい。

【0048】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、ギャップ層は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも薄膜コイルの少なくとも一部の巻線間に充填され、媒体対向面に露出しない第1の部分と、第1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、媒体対向面に露出する第2の部分とを有しているてもよい。この場合、第1の部分は、有機系の非導電性非磁性材料またはスピンオンガラス膜よりなっているてもよい。また、第2の部分は、無機系の非導電性非磁性材料よりなっているてもよい。

【0049】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、更に、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備え

ていてもよい。この場合、更に、媒体対向面側の一部が磁気抵抗効果素子を挟んで対向するように配置された、磁気抵抗効果素子をシールドするための第1および第2のシールド層を備えていてもよい。また、第1の磁性層は第2のシールド層を兼ねていてもよい。

【0050】また、本発明の第2の薄膜磁気ヘッドは、垂直磁気記録方式に用いられるものであってもよい。

【0051】本発明の第2の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体の進行方向の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面から離れた位置において互いに磁気的に連結された第1および第2の磁性層と、非磁性材料よりなり、第1の磁性層と第2の磁性層との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、第2の磁性層は、磁極部分を含み、媒体対向面における幅がトラック幅を規定する磁極部分層と、磁極部分層と第1の磁性層とを磁気的に接続するヨーク部分層とを有し、磁極部分層の飽和磁束密度は、ヨーク部分層の飽和磁束密度以上である薄膜磁気ヘッドを製造する方法であって、第1の磁性層を形成する工程と、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面が、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、且つヨーク部分層が、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において磁極部分層に対して磁気的に接続され、ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分が、第1の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置されるように、第1の磁性層の上にギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程とを備えたものである。

【0052】本発明の第2の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において磁極部分層に対して磁気的に接続され、ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分は、第1の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置される。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁気的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度がヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することができ

る。これらのことから、本発明では、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になる。

【0053】本発明の第2の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、ギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程は、第1の磁性層の上に、薄膜コイルと、この薄膜コイルを周囲に対して絶縁するギャップ層の一部とを形成する工程と、第1の磁性層およびギャップ層の一部の上に、ヨーク部分層を形成する工程と、第1の磁性層、ギャップ層の一部およびヨーク部分層の上に、ギャップ層の他の一部を形成する工程と、ヨーク部分層が露出するまで、ギャップ層の他の一部を研磨して、ヨーク部分層およびギャップ層の他の一部の上面を平坦化する工程と、平坦化されたヨーク部分層およびギャップ層の他の一部の上に、磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成する工程と、被エッチング層をドライエッチングによって選択的にエッチングして、ヨーク部分層に接する磁極部分層の外形を決定すると共にヨーク部分層を露出させて、ヨーク部分層のギャップ層とは反対側の面を形成する工程とを含んでいてもよい。

【0054】この場合、ギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程は、更に、被エッチング層を形成する工程の後で、研磨により、被エッチング層の上面を平坦化する工程を含んでいてもよい。

【0055】また、ギャップ層、薄膜コイルおよび第2の磁性層を形成する工程は、更に、被エッチング層を形成する工程の後で、被エッチング層の上に非磁性層を形成する工程と、非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成する工程とを含み、被エッチング層をエッチングする工程は、マスクを用いて、非磁性層および被エッチング層をエッチングしてもよい。マスクを形成する工程は、非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応した空隙部を有するレジストフレームを形成し、このレジストフレームの空隙部内にマスクを形成してもよい。

【0056】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【第1の実施の形態】まず、図1ないし図5を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図1は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図1は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図1において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図2は図1に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。図3は図2における磁極部分の近傍を拡大して示す斜視図である。図4は図1に示した薄膜磁気ヘッドの媒体対向面の一部を示す正面図である。

図5は図4における磁極部分層および非磁性層を拡大して示す正面図である。

【0057】図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、アルティック ($Al_2O_3 \cdot TiC$) 等のセラミック材料よりなる基板1と、この基板1の上に形成されたアルミナ (Al_2O_3) 等の絶縁材料よりなる絶縁層2と、この絶縁層2の上に形成された磁性材料よりなる下部シールド層3と、この下部シールド層3の上に、絶縁層4を介して形成された再生素子としてのMR (磁気抵抗効果) 素子5と、このMR素子5の上に絶縁層4を介して形成された磁性材料よりなる上部シールド層6とを備えている。下部シールド層3および上部シールド層6の厚みは、それぞれ例えば1~2 μm である。

【0058】MR素子5の一端部は、媒体対向面 (エアベアリング面) ABSに配置されている。MR素子5には、AMR (異方性磁気抵抗効果) 素子、GMR (巨大磁気抵抗効果) 素子あるいはTMR (トンネル磁気抵抗効果) 素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。

【0059】薄膜磁気ヘッドは、更に、上部シールド層6の上に形成された非磁性層7と、この非磁性層7の上に形成された磁性材料よりなる第1の磁性層8と、この第1の磁性層8の上において薄膜コイル10を形成すべき位置に形成された絶縁層9Aと、この絶縁層9Aの上に形成された薄膜コイル10と、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填され、媒体対向面ABSに露出しない絶縁層9Bとを備えている。絶縁層9Aには、媒体対向面ABSから離れた位置において、コンタクトホール9aが形成されている。また、本実施の形態では、絶縁層9Bは、薄膜コイル10の全体を覆うように形成されている。

【0060】第1の磁性層8の厚みは例えば1~2 μm である。第1の磁性層8を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。

【0061】絶縁層9Aは、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、その厚みは例えば0.1~1 μm である。

【0062】薄膜コイル10は、銅等の導電性の材料よりなり、その巻線の厚みは例えば0.3~2 μm である。薄膜コイル10の巻数は任意であり、巻線のピッチも任意である。ここでは、一例として、薄膜コイル10の巻線の厚みを1.3 μm 、巻線の幅を0.8 μm 、巻線のピッチを1.3 μm 、巻数を8とする。また、薄膜コイル10は、コンタクトホール9aの回りに巻回されている。

【0063】絶縁層9Bは、形成時に流動性を有する非導電性且つ非磁性の材料よりなる。具体的には、絶縁層9Bは、例えば、フォトレジスト (感光性樹脂) のよう

な有機系の非導電性非磁性材料によって形成してもよいし、塗布ガラスよりなるスピノングラス (SOG) 膜で形成してもよい。

【0064】薄膜磁気ヘッドは、更に、絶縁層9Bにおける媒体対向面ABS側の一部から媒体対向面ABSにかけて絶縁層9Aの上に形成され、媒体対向面ABSに露出する絶縁層9Cを備えている。絶縁層9Cは、絶縁層9Bよりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた非導電性且つ非磁性の材料よりなる。このような材料としては、アルミナやシリコン酸化物 (SiO_2) 等の無機系の非導電性非磁性材料を用いることができる。媒体対向面ABSにおける絶縁層9Aおよび絶縁層9Cの合計の厚みは、例えば3~6 μm である。

【0065】絶縁層9A、9B、9Cは、第1の磁性層8と後述する第2の磁性層14との間に設けられるギャップ層9を構成する。絶縁層9Bは本発明におけるギャップ層の第1の部分に対応し、絶縁層9A、9Cは本発明におけるギャップ層の第2の部分に対応する。

【0066】薄膜コイル10の第2の磁性層14側の面は、媒体対向面ABSにおけるギャップ層9の第2の磁性層14側の端部 (絶縁層9Cの磁性層14側の端部) の位置よりも第1の磁性層8側の位置に配置されている。

【0067】薄膜磁気ヘッドは、更に、ギャップ層9の上に形成された磁性材料よりなる第2の磁性層14と、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、第2の磁性層14を覆うように形成された保護層17を備えている。

【0068】第2の磁性層14は、磁極部分を含む磁極部分層14Aと、ヨーク部分となるヨーク部分層14Bとを有している。ヨーク部分層14Bは、第1の磁性層8と磁極部分層14Aのギャップ層9側の面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第1層14B₁と、この第1層14B₁と磁極部分層14Aの媒体対向面ABSとは反対側の端面 (以下、後端面と言う。) および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第2層14B₂とを含んでいる。

【0069】ヨーク部分層14Bの第1層14B₁は、コンタクトホール9aが形成された位置から媒体対向面ABSに向けて、絶縁層9Cの媒体対向面ABSとは反対側の端面の位置まで、第1の磁性層8および絶縁層9Bの上に形成されている。コンタクトホール9aの位置における第1層14B₁の厚みは、絶縁層9Aと絶縁層9Bの合計の厚みより大きく、例えば3 μm 以上である。第1層14B₁の媒体対向面ABS側の端部は、媒体対向面ABSから例えば1.5 μm 以上離れた位置であって、磁極部分層14Aの後端面よりは媒体対向面ABSに近い位置に配置されている。ここでは、一例として、第1層14B₁の媒体対向面ABS側の端部と媒体対向面ABSとの距離を5 μm とする。第1層14B₁

を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。

【0070】ヨーク部分層14Bの第1層14B₁における媒体対向面ABS側の一部および絶縁層9Cの上面は平坦化されている。磁極部分層14Aは、この平坦化された第1層14B₁および絶縁層9Cの上面の上に形成されている。従って、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面に接し、これに対し磁氣的に接続されている。

【0071】薄膜磁気ヘッドは、更に、磁極部分層14Aの上に形成された非磁性層15を備えている。ヨーク部分層14Bの第2層14B₂は、第1層14B₁および非磁性層15の上に配置されている。第2層14B₂は、第1層14B₁と磁極部分層14Aの後端面および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続されている。また、第2層14B₂の媒体対向面ABS側の一部は、非磁性層15を介して磁極部分層14Aの上面に隣接し、非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁氣的に接続されている。ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の厚みは、例えば0.5~2μmである。第2層14B₂を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。

【0072】磁極部分層14Aの厚みは、好ましくは0.1~0.8μmであり、更に好ましくは0.3~0.8μmである。ここでは、一例として、磁極部分層14Aの厚みを0.5μmとする。また、媒体対向面ABSから磁極部分層14Aの後端面までの長さは2μm以上である。ここでは、一例として、この長さを10μmとする。

【0073】図3に示したように、磁極部分層14Aは、媒体対向面ABS側に配置された第1の部分14A₁と、この第1の部分14A₁よりも媒体対向面ABSから離れた位置に配置された第2の部分14A₂とを含んでいる。第1の部分14A₁は、第2の磁性層14における磁極部分となる。第1の磁性層8における磁極部分は、第1の磁性層8のうちギャップ層9を介して上記第1の部分14A₁に対向する部分を含む。

【0074】第1の部分14A₁は、トラック幅と等しい幅を有している。すなわち、第1の部分14A₁の媒体対向面ABSにおける幅がトラック幅を規定している。第2の部分14A₂の幅は、第1の部分14A₁との境界位置では第1の部分14A₁の幅と等しく、その位置から媒体対向面ABSより遠ざかる程、徐々に大きくなった後、一定の大きさになっている。磁極部分層14Aの第2の部分14A₂は、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁の媒体対向面ABS側の一部の上に重なり、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の媒体対向面ABS側の一部は、非磁性層15を介して磁極部分層14A

の第2の部分14A₂の上に重なっている。

【0075】第1の部分14A₁の媒体対向面ABSにおける幅、すなわちトラック幅は、好ましくは0.5μm以下であり、更に好ましくは0.3μm以下である。ヨーク部分層14Bと重なる部分における第2の部分14A₂の幅は、第1の部分14A₁の媒体対向面ABSにおける幅よりも大きく、例えば2μm以上である。

【0076】ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の媒体対向面ABS側の端部は、媒体対向面ABSから例えば1.5μm以上離れた位置であって、磁極部分層14Aの後端面よりは媒体対向面ABSに近い位置に配置されている。

【0077】また、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の媒体対向面ABSとは反対側の端部は、第1層14B₁と第1の磁性層8との磁氣的な連結部よりも、媒体対向面ABSから離れた位置に配置されている。

【0078】磁極部分層14Aの飽和磁束密度は、ヨーク部分層14Bの飽和磁束密度以上になっている。磁極部分層14Aを構成する磁性材料としては、飽和磁束密度が1.4T以上の高飽和磁束密度材を用いるのが好ましい。高飽和磁束密度材としては、鉄および窒素原子を含む材料、鉄、ジルコニアおよび酸素原子を含む材料、鉄およびニッケル元素を含む材料等を用いることができる。具体的には、高飽和磁束密度材としては、例えば、NiFe(Ni:45重量%, Fe:55重量%)、FeNやその化合物、Co系アモルファス合金、Fe-Co、Fe-M(必要に応じてO(酸素原子)も含む。)、Fe-Co-M(必要に応じてO(酸素原子)も含む。)の中のうちの少なくとも1種類を用いることができる。ここで、Mは、Ni, N, C, B, Si, Al, Ti, Zr, Hf, Mo, Ta, Nb, Cu(いずれも化学記号)の中から選択された少なくとも1種類である。

【0079】ヨーク部分層14Bを構成する磁性材料としては、例えば、飽和磁束密度が1.0T程度となる鉄およびニッケル元素を含む材料を用いることができる。このような材料は、耐食性に優れ、且つ磁極部分層14Aを構成する材料よりも高抵抗である。また、このような材料を用いることにより、ヨーク部分層14Bの形成が容易になる。

【0080】また、ヨーク部分層14Bを構成する磁性材料としては、磁極部分層14Aを構成する磁性材料と同じ組成系のものを用いることもできる。この場合には、ヨーク部分層14Bの飽和磁束密度を、磁極部分層14Aの飽和磁束密度よりも小さくするために、ヨーク部分層14Bを構成する磁性材料としては、磁極部分層14Aを構成する磁性材料に比べて、鉄原子の組成比の小さい材料を用いるのが好ましい。

【0081】非磁性層15の平面的な形状は、磁極部分

層 14A と同様である。また、非磁性層 15 は、媒体対向面 ABS に露出している。非磁性層 15 の厚みは、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以下である。ここでは、一例として、非磁性層 15 の厚みを $0.3\mu\text{m}$ とする。また、非磁性層 15 は、省くことも可能である。

【0082】非磁性層 15 を構成する材料としては、例えば、チタンまたはタンタルを含む材料（合金および酸化物を含む。）や、アルミナやシリコン酸化物（ SiO_2 ）等の無機系の非導電性非磁性材料を用いることができる。また、磁極部分層 14A をドライエッチングによって形成する場合には、非磁性層 15 を構成する材料として、磁極部分層 14A を構成する材料、およびギャップ層 9 のうちの磁極部分層 14A に接する絶縁層 9C を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料を用いるのが好ましい。このような材料としては、例えばチタンまたはタンタルを含む材料（合金および酸化物を含む。）を用いることができる。

【0083】図 4 および図 5 に示したように、媒体対向面 ABS に露出する磁極部分層 14A の面の形状は、長方形でもよいし、記録媒体の進行方向 T の後側（スライダにおける空気流入端側）に配置される下辺が上辺よりも小さい台形または三角形でもよい。また、磁極部分層 14A の側面は凹面でもよい。また、媒体対向面 ABS に露出する磁極部分層 14A の面における側辺と基板 1 の面とのなす角度は $80\sim 88^\circ$ が好ましい。

【0084】以上説明したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面 ABS と再生ヘッドと記録ヘッドとを備えている。再生ヘッドは、再生素子としての MR 素子 5 と、媒体対向面 ABS 側の一部が MR 素子 5 を挟んで対向するように配置された、MR 素子 5 をシールドするための下部シールド層 3 および上部シールド層 6 を備えている。

【0085】記録ヘッドは、媒体対向面 ABS 側において記録媒体の進行方向 T の前後に所定の間隔を開けて互いに対向するように配置された磁極部分を含むと共に、媒体対向面 ABS から離れた位置において互いに磁気的に連結された第 1 の磁性層 8 および第 2 の磁性層 14 と、非磁性材料よりなり、第 1 の磁性層 8 と第 2 の磁性層 14 との間に設けられたギャップ層 9 と、少なくとも一部が第 1 の磁性層 8 および第 2 の磁性層 14 の間に、これらの磁性層 8、14 に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイル 10 とを備えている。

【0086】本実施の形態では、薄膜コイル 10 のうちの磁性層 8、14 の間に配置された部分の第 2 の磁性層 14 側の面（図 1 における上側の面）は、媒体対向面 ABS におけるギャップ層 9 の第 2 の磁性層 14 側の端部（図 1 における上側の端部）の位置よりも第 1 の磁性層 8 側（図 1 における下側）の位置に配置されている。

【0087】また、第 2 の磁性層 14 は、磁極部分を含み、媒体対向面 ABS における幅がトラック幅を規定す

る磁極部分層 14A と、ヨーク部分となり、磁極部分層 14A と第 1 の磁性層 8 とを磁気的に接続するヨーク部分層 14B とを有している。磁極部分層 14A の飽和磁束密度は、ヨーク部分層 14B の飽和磁束密度以上になっている。ヨーク部分層 14B は、少なくとも磁極部分層 14A のギャップ層 9 側の面、後端面および幅方向の両側面において、磁極部分層 14A に対して磁気的に接続されている。

【0088】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、垂直磁気記録方式に用いるのに適している。この薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合、第 2 の磁性層 14 の磁極部分層 14A における第 1 の部分 14A₁ が主磁極となり、第 1 の磁性層 8 の磁極部分が補助磁極となる。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドを垂直磁気記録方式に用いる場合には、記録媒体としては 2 層媒体と単層媒体のいずれをも使用することが可能である。

【0089】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、第 2 の磁性層 14 は磁極部分層 14A とヨーク部分層 14B とを有し、薄膜コイル 10 の少なくとも一部の第 2 の磁性層 14 側の面は、媒体対向面 ABS におけるギャップ層 9 の第 2 の磁性層 14 側の端部の位置よりも第 1 の磁性層 8 側の位置に配置され、ヨーク部分層 14B は、少なくとも磁極部分層 14A のギャップ層 9 側の面、後端面および幅方向の両側面において、磁極部分層 14A に対して磁気的に接続されている。従って、本実施の形態では、ヨーク部分層 14B は、第 1 の磁性層 8 に対する磁気的な連結部と磁極部分層 14A との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層 14B を薄膜コイル 10 の近くに配置することが可能になる。

【0090】また、本実施の形態では、磁極部分層 14A の飽和磁束密度は、ヨーク部分層 14B の飽和磁束密度以上である。更に、ヨーク部分層 14B は、少なくとも磁極部分層 14A のギャップ層側の面、後端面および幅方向の両側面において、磁極部分層 14A に対して磁気的に接続されている。すなわち、ヨーク部分層 14B と磁極部分層 14A との磁気的な接続部分の面積が大きい。従って、本実施の形態によれば、第 2 の磁性層 14 の途中における磁束の飽和を防止することができる。

【0091】これらのことから、本実施の形態によれば、電磁変換効率を高め、第 2 の磁性層 14 の磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になる。磁極部分層 14A に高飽和磁束密度材を用いた場合には、特に、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくすることができ、保磁力の大きな記録媒体への記録も可能となる。

【0092】また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、記録媒体の面に垂直な方向の磁界は長手方向の磁

界よりも大きく、ヘッドが発生する磁気エネルギーを効率よく、記録媒体に伝達することができる。従って、この薄膜磁気ヘッドによれば、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくくして、線記録密度を高めることができる。

【0093】図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、第1の磁性層8を記録媒体の進行方向Tの後側（薄膜磁気ヘッドを含むスライダにおける空気流入端側）に配置し、第2の磁性層14を記録媒体の進行方向Tの前側（薄膜磁気ヘッドを含むスライダにおける空気流出端側）に配置するのが好ましい。このような配置とすることにより、これとは逆の配置の場合に比べて、垂直磁気記録方式を用いた場合の記録媒体における磁化反転遷移幅が小さくなり、記録媒体において、より高密度の磁化パターンを形成することができ、その結果、線記録密度を高めることができる。

【0094】また、図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層14Bは、第1の磁性層8と磁極部分層14Aのギャップ層9側の面とに接し、これらに対して磁気的に接続された第1層14B₁と、第1層14B₁と磁極部分層14Aの後端面および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁気的に接続された第2層14B₂とを含む。これにより、ヨーク部分層14Bの形成が容易になる。

【0095】また、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂は、更に、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面に磁気的に接続されている。これにより、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面からも、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂から磁極部分層14Aへ磁束を導くことができ、その結果、電磁変換効率を向上させることができる。

【0096】また、図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁および第2層14B₂の媒体対向面ABS側の各端部は、媒体対向面ABSから離れた位置に配置されている。これにより、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁および第2層14B₂の媒体対向面ABS側の各端部より発生される磁界によって記録媒体に情報の書き込みが生じることを防止することができる。

【0097】また、図2に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分層14Aのヨーク部分層14Bと接する部分の幅は、磁極部分層14Aの媒体対向面ABSにおける幅よりも大きくなっている。これにより、磁極部分層14Aのヨーク部分層14Bと接する部分の面積を大きくすることができ、この部分での磁束の飽和を防止することができる。その結果、磁束を効率よくヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへ導くことができ、且つ磁極部分層14Aの媒体対向面ABSにおける露出面積を小さくすることで、記録媒体に印加される磁界を大きくすることができる。

【0098】また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッド

において、媒体対向面ABSから磁極部分層14Aの後端面までの長さを2 μ m以上とすることにより、磁極部分層14Aの厚みや幅を大きくすることなく、磁極部分層14Aのヨーク部分層14Bと接する部分の面積を大きくして、この部分での磁束の飽和を防止することができる。その結果、磁束を効率よくヨーク部分層14Bから磁極部分層14Aへ導くことができる。

【0099】また、図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面に接する非磁性層15を備えている。これにより、磁極部分層14Aをドライエッチングによって形成する際や、ヨーク部分層14Bを電気めっき法によって形成する際に、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面がダメージを受けることを防止でき、その面を平坦にすることができる。特に、本実施の形態では、非磁性層15が媒体対向面ABSに露出しているため、媒体対向面ABSにおいて、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部を平坦に保つことができる。これにより、媒体対向面ABSにおいて磁極部分層14Aより発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができる。その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができる。

【0100】また、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の一部、すなわち第2層14B₂の媒体対向面ABS側の一部は、非磁性層15を介して磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面に隣接し、非磁性層15を介して磁極部分層14Aに磁気的に接続されている。その結果、非磁性層15を介して、ヨーク部分層14Bの一部からも、磁束を磁極部分層14Aの媒体対向面ABS側へ導くことができる。

【0101】また、非磁性層15を、磁極部分層14Aを構成する材料、およびギャップ層9のうちの磁極部分層14Aと接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料で構成した場合には、磁極部分層14Aをドライエッチングによって形成する際に、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の面がダメージを受けることを防止することができる。

【0102】また、図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、薄膜コイル10のうち第1の磁性層8と第2の磁性層14の間に配置された部分は、第1の磁性層8と第2の磁性層14の磁極部分層14Aとの中間の位置よりも第1の磁性層8に近い位置に配置されている。これにより、第2の磁性層14よりも体積の大きな第1の磁性層8によって、薄膜コイル10から発生する磁界を効率よく吸収でき、薄膜コイル10が第2の磁性層14に近い場合に比べて、第1の磁性層8および第2の磁性層14における磁界の吸収率を高めることができる。

【0103】また、図1に示したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層9は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填され、媒体対向面ABSに露出しない第1の部分（絶縁層9B）と、この第1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、媒体対向面ABSに露出する第2の部分（絶縁層9A、9C）とを有している。第1の部分（絶縁層9B）は、第2の部分（絶縁層9A、9C）とヨーク部分層14Bの第1層14B_iとによって完全に覆われている。薄膜コイル10の巻線間に隙間なく非磁性材料を充填することは、スパッタリング法では困難であるが、有機系の材料のように流動性を有する非磁性材料を用いた場合には容易である。しかし、有機系の材料は、ドライエッチングに対する耐性、耐食性、耐熱性、剛性等の点で信頼性に乏しい。本実施の形態では、上述のように、形成時に流動性を有する材料によって薄膜コイル10の巻線間に充填された第1の部分（絶縁層9B）を形成し、この第1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料によって、第1の部分の一部を覆い、媒体対向面ABSに露出する第2の部分（絶縁層9A、9C）を形成するようにしたので、薄膜コイル10の巻線間に隙間なく非磁性材料を充填でき、且つギャップ層9の信頼性を高めることができる。

【0104】また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、再生素子としてのMR素子5を備えている。これにより、誘導型電磁変換素子を用いて再生を行う場合に比べて、再生性能を向上させることができる。また、MR素子5は、シールド層3、6によってシールドされているので、再生時の分解能を向上させることができる。

【0105】次に、図6を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの変形例について説明する。図6は変形例の薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図6は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。

【0106】この変形例の薄膜磁気ヘッドは、図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける上部シールド層6および非磁性層7を省き、第1の磁性層8が上部シールド層6を兼ねるようにしたものである。この構成によれば、薄膜磁気ヘッドの構造が簡単になり、製造も簡単になる。この変形例の薄膜磁気ヘッドのその他の構成は、図1に示した薄膜磁気ヘッドと同様である。

【0107】次に、図7ないし図22を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。なお、ここでは、図1に示した薄膜磁気ヘッドを製造する場合を例にとって製造方法を説明するが、図6に示した薄膜磁気ヘッドを製造する場合も、上部シールド層6および非磁性層7を形成する工程が省かれること以外は、以下の説明と同様である。

【0108】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造

方法では、まず、基板1の上に絶縁層2を形成する。次に、絶縁層2の上に下部シールド層3を形成する。なお、図7ないし図22では、基板1および絶縁層2を省略している。

【0109】次に、図7に示したように、下部シールド層3の上に、絶縁層4の一部となる絶縁膜を形成し、この絶縁膜の上にMR素子5と、このMR素子5に接続される図示しないリードとを形成する。次に、MR素子5およびリードを、絶縁層4の他の一部となる新たな絶縁膜で覆い、MR素子5およびリードを絶縁層4内に埋設する。

【0110】次に、絶縁層4の上に上部シールド層6を形成し、その上に非磁性層7を形成する。次に、この非磁性層7の上に、第1の磁性層8を所定の形状に形成する。次に、図示しないが、非磁性層7および第1の磁性層8をアルミナ等の非磁性材料で覆い、第1の磁性層8が露出するまで非磁性材料を研磨して、第1の磁性層8の上面を平坦化する。

【0111】次に、図8に示したように、第1の磁性層8の上に、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料をスパッタして、絶縁層9Aを形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術とを用いて、第1の磁性層8と後述する第2の磁性層14とを連結すべき位置において、絶縁層9Aにコンタクトホール9aを形成する。

【0112】次に、図9に示したように、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、絶縁層9Aの上に薄膜コイル10を形成する。

【0113】次に、図10に示したように、周知のフォトリソグラフィ技術を用いて、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填される絶縁層9Bを形成する。ここでは、絶縁層9Bは薄膜コイル10を完全に覆うように形成しているが、薄膜コイル10の巻線間に充填される絶縁層9Bを形成した後に、絶縁層9Bとは別に、薄膜コイル10および絶縁層9Bを覆う絶縁層を形成してもよい。

【0114】次に、図11に示したように、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、コンタクトホール9aが形成された位置から媒体対向面ABSに向けて所定の位置まで、第1の磁性層8および絶縁層9Bの上にヨーク部分層14Bの第1層14B_iを形成する。この時点で、第1層14B_iの形状は、例えば、厚みが3μm以上、奥行き（媒体対向面ABSに垂直な方向の長さ）が2～10μm、幅が5～20μmである。

【0115】次に、図12に示したように、スパッタ法を用いて、絶縁層9A、絶縁層9Bおよびヨーク部分層14Bの第1層14B_iを覆うように絶縁層9Cを形成する。この時点で、絶縁層9Cの厚みは、第1層14B

の厚み以上とする。

【0116】次に、図13に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁が露出するまで絶縁層9Cの表面を研磨して、絶縁層9Cおよび第1層14B₁の上面を平坦化する。この時点で、第1の磁性層8の上面から絶縁層9Cの上面までの距離は、例えば3〜6 μ mとする。

【0117】次に、図14に示したように、絶縁層9Cおよび第1層14B₁の上に、第2の磁性層14の磁極部分層14Aを構成する材料よりなる被エッチング層14Aeを形成する。被エッチング層14Aeの厚みは、好ましくは0.1〜0.8 μ mとし、更に好ましくは0.3〜0.8 μ mとする。被エッチング層14Aeの形成方法は、電気めっき法でもよいし、スパッタ法でもよい。被エッチング層14Aeの表面の粗さが大きい場合（例えば、算術平均粗さRaが120nm以上の場合）は、化学機械研磨等によって被エッチング層14Aeの表面を研磨して平坦化することが好ましい。

【0118】次に、被エッチング層14Aeの上に、非磁性層15eを形成する。非磁性層15eの厚みは、好ましくは0.5 μ m以下とする。

【0119】次に、図示しないが、非磁性層15eの上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層を形成する。この電極層の厚みは0.1 μ m以下とし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とする。

【0120】次に、図15に示したように、フォトリソグラフィ技術を用いて、上記電極層の上に、フォトリソによって、磁極部分層14Aの形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム31を形成する。次に、このレジストフレーム31を用いて、電気めっき法（フレームめっき法）によって、上記電極層の上に、磁極部分層14Aの形状に対応したマスク32となるめっき膜を形成する。このめっき膜の厚みは1〜4 μ mとし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とする。次に、レジストフレーム31を除去する。

【0121】次に、図16に示したように、マスク32を用いて、イオンミリング等のドライエッチング技術によって、非磁性層15eおよび被エッチング層14Aeをエッチングして、非磁性層15および磁極部分層14Aを形成する。このとき、マスク32のうち、少なくとも媒体対向面ABSに対応する部分は完全に除去することが好ましいが、マスク32が非磁性で、耐食性等の点で信頼性が十分にあれば、この限りではない。

【0122】上記のエッチングにより、図4および図5に示したように、媒体対向面ABSに露出する磁極部分層14Aの面の形状を長方形、あるいは記録媒体の進行方向Tの後側（スライダにおける空気流入端側）に配置される下辺が上辺よりも小さい台形または三角形とする。また、磁極部分層14Aの側面は凹面でもよい。ま

た、上記のエッチングにより、媒体対向面ABSにおける磁極部分層14Aの幅を、トラック幅の規格に一致するように規定してもよい。

【0123】また、上記のエッチングにより、非磁性層15および磁極部分層14Aが形成されるのと同時に、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁が露出する。

【0124】なお、上述のようにめっき膜によるマスク32を形成する代りに、フォトリソグラフィ技術を用いて、非磁性層15eの上に、フォトリソによって、磁極部分層14Aの形状に対応したレジストパターンを形成してもよい。そして、このレジストパターンをマスクとして、非磁性層15eおよび被エッチング層14Aeをエッチングして、非磁性層15および磁極部分層14Aを形成すると共にヨーク部分層14Bの第1層14B₁を露出させ、その後、レジストパターンを除去してもよい。

【0125】次に、図17に示したように、フォトリソグラフィ技術を用いて、フォトリソによって、磁極部分層14Aおよび非磁性層15における媒体対向面ABS側の一部を覆うレジストカバー33を形成する。このレジストカバー33の厚みは、後述するヨーク部分層形成用のフレームの厚み以下とするのが好ましい。

【0126】次に、図18に示したように、レジストカバー33、磁極部分層14A（および非磁性層15）、およびヨーク部分層14Bの第1層14B₁の上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層34を形成する。この電極層34の厚みは0.1 μ m以下とし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とし、下地にTi（チタン）を成膜してもよい。

【0127】次に、図19に示したように、電極層34の上に、フォトリソによって、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム35を形成する。

【0128】次に、図20に示したように、レジストフレーム35を用いて、電気めっき法（フレームめっき法）によって、電極層34の上にヨーク部分層14Bの第2層14B₂を形成する。次に、レジストフレーム35を除去する。なお、第2層14B₂は、リフトオフ法を用いて形成することも可能であるが、第2層14B₂の形状を下地の形状に追従させるためには電気めっき法を用いるのが最も好ましい。

【0129】次に、図21に示したように、電極層34のうち、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の下に存在する部分以外の部分をドライエッチングで除去する。

【0130】次に、図22に示したように、レジストカバー33を除去する。次に、第2の磁性層14を覆うように保護層17を形成する。次に、保護層17の上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面ABSの研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0131】このように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第1の磁性層8を形成する工程と、薄膜コイル10の少なくとも一部の第2の磁性層14側の面が、媒体対向面ABSにおけるギャップ層9の第2の磁性層14側の端部の位置よりも第1の磁性層8側の位置に配置され、且つヨーク部分層14Bが、少なくとも磁極部分層14Aのギャップ層9側の面、後端面および幅方向の両側面において、磁極部分層14Aに対して磁気的に接続されるように、第1の磁性層8の上にギャップ層9、薄膜コイル10および第2の磁性層14を形成する工程とを備えている。この薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドと同様の作用、効果が得られる。

【0132】また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1の磁性層8の上にギャップ層9、薄膜コイル10および第2の磁性層14を形成する工程は、第1の磁性層8の上に、薄膜コイル10と、この薄膜コイル10を周囲に対して絶縁するギャップ層9の一部である絶縁層9Bとを形成する工程と、第1の磁性層8および絶縁層9Bの上に、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁を形成する工程と、第1の磁性層8、絶縁層9Bおよび第1層14B₁の上に、ギャップ層9の他の一部である絶縁層9Cを形成する工程と、第1層14B₁が露出するまで、絶縁層9Cを研磨して、第1層14B₁および絶縁層9Cの上面を平坦化する工程と、平坦化された第1層14B₁および絶縁層9Cの上に、磁極部分層14Aを構成する材料よりなる被エッチング層14A_eを形成する工程と、被エッチング層14A_eをドライエッチングによって選択的にエッチングして、第1層14B₁に接する磁極部分層14Aの外形を決定すると共に第1層14B₁を露出させる工程と、第1層14B₁の上に、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂を形成する工程とを含む。

【0133】このように、本実施の形態によれば、磁極部分層14Aを形成する前にヨーク部分層14Bの第1層14B₁を形成し、磁極部分層14Aを形成した後にヨーク部分層14Bの第2層14B₂を形成するので、少なくとも磁極部分層14Aのギャップ層9側の面、後端面および幅方向の両側面において磁極部分層14Aに対して磁気的に接続されるヨーク部分層14Bを、容易に形成することが可能になる。

【0134】また、本実施の形態によれば、被エッチング層14A_eを形成する工程の前に、研磨により、被エッチング層14A_eの下地となる絶縁層9Cおよびヨーク部分層14Bの第1層14B₁の上面を平坦化している。これにより、媒体対向面ABSにおいて、磁極部分層14Aのギャップ層9側の端部を平坦化することができる。また、被エッチング層14A_eをスパッタ法によって形成する場合には、被エッチング層14A_eの成膜時の膜厚均一性がよいため、媒体対向面ABSにおい

て、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部も平坦化することができる。これらのことから、媒体対向面ABSにおいて磁極部分層14Aより発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができる。

【0135】また、本実施の形態において、被エッチング層14A_eを形成する工程の後で、研磨により、被エッチング層14A_eの上面を平坦化した場合には、媒体対向面ABSにおいて、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部を完全に平坦化することができる。これにより、媒体対向面ABSにおいて磁極部分層14Aより発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができる。

【0136】また、本実施の形態において、磁極部分層14Aを形成する工程は、被エッチング層14A_eを形成する工程の後で、被エッチング層14A_eの上に非磁性層15_eを形成する工程と、非磁性層15_eの上に、磁極部分層14Aの形状に対応したマスク32を形成する工程とを含み、被エッチング層14A_eをエッチングする工程は、このマスク32を用いて、非磁性層15_eおよび被エッチング層14A_eをエッチングしてもよい。この場合には、被エッチング層14A_eの上面を非磁性層15_eで保護した状態で磁極部分層14Aの外形を決定でき、磁極部分層14Aのギャップ層9とは反対側の端部の平坦性を維持することが可能になる。

【0137】また、マスク32を形成する工程は、非磁性層15_eの上に、磁極部分層14Aの形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム31を形成し、このレジストフレーム31の空隙部内にマスク32を形成してもよい。この場合には、マスク32をレジストで形成する場合に比べて、ドライエッチングに対する耐性に優れたマスク32を形成することが可能になる。これにより、磁極部分層14Aを構成する材料がドライエッチングに対する耐性に優れている場合でも、マスク32を用いたドライエッチングによって磁極部分層14Aの外形を決定することが可能になる。

【0138】また、本実施の形態において、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂は、電気めっき法によって形成してもよい。この場合には、第2層14B₂を容易に形成できると共に、第2層14B₂を、その下地の形状によく追従した形状に形成することが可能になる。

【0139】また、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂を形成する工程は、磁極部分層14Aの媒体対向面ABS側の一部を覆うレジストカバー33を形成する工程と、レジストカバー33、磁極部分層14A（および非磁性層15_e）、およびヨーク部分層14Bの第1層14

B₁の上に、電気めっき法のための電極層34を形成する工程と、電極層34を用いて、電気めっき法によって第2層14B₁を形成する工程とを含んでもよい。この場合には、磁極部分層14Aの媒体対向面ABS側の一部の側面に電極層が付着し、残留することを防止することができ、電極層の付着、残留によってトラック幅が大きくなることを防止することができる。更に、電極層をドライエッチングによって除去する際に、エッチングされた材料が磁極部分層14Aの媒体対向面ABS側の一部の側面に付着し、残留して薄膜磁気ヘッドの信頼性が低下してしまうことを防止することもできる。

【0140】〔第2の実施の形態〕次に、図23および図24を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図23は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図23は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図23において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図24は図23に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【0141】本実施の形態では、第1の実施の形態に比べて、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁の厚みが小さくなっている。コンタクトホール9aの位置における第1層14B₁の厚みは、絶縁層9Aと絶縁層9Bの合計の厚み以下になっている。ただし、コンタクトホール9aの位置における第1層14B₁の厚みは、1μm以上であることが好ましい。

【0142】また、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁は、第1の磁性層8との磁気的な連結部から、媒体対向面ABSから離れる方向に2μm以上延びている。本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁を更に幅方向の両側にも延長するのが好ましい。

【0143】また、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の媒体対向面ABSとは反対側の端部は、第1層14B₁と第1の磁性層8との磁気的な連結部よりも、媒体対向面ABSに近い位置に配置されている。ただし、第2層14B₂の媒体対向面ABSとは反対側の端部は、磁極部分層14Aの媒体対向面ABSとは反対側の端部の位置よりも媒体対向面ABSから離れた位置に配置され、好ましくは媒体対向面ABSから10μm以上離れた位置に配置される。

【0144】次に、図25ないし図36を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。

【0145】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、図10に示したように、絶縁層9Aの上に薄膜コイル10および絶縁層9Bを形成する工程までは、第1の実施の形態と同様である。

【0146】本実施の形態では、次に、図25に示したように、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術

(例えば電気めっき法)を用いて、第1の磁性層8および絶縁層9Bの上にヨーク部分層14Bの第1層14B₁を形成する。この時点で、第1層14B₁の形状は、例えば、厚みが1~4μm、奥行きが2~10μm、幅が5~20μmである。

【0147】次に、図26に示したように、スパッタ法を用いて、絶縁層9A、絶縁層9Bおよびヨーク部分層14Bの第1層14B₁を覆うように絶縁層9Cを形成する。この時点で、絶縁層9Cの厚みは、第1層14B₁の厚み以上とする。

【0148】次に、図27に示したように、例えば化学機械研磨を用いて、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁が露出し、絶縁層9Cの厚みが所定の記録ギャップ長と等しくなるまで絶縁層9Cの表面を研磨して、絶縁層9Cおよび第1層14B₁の上面を平坦化する。この時点で、第1の磁性層8の上面から絶縁層9Cの上面までの距離は、例えば3~6μmとする。

【0149】次に、図28に示したように、絶縁層9Cおよび第1層14B₁の上に、第2の磁性層14の磁極部分層14Aを構成する材料よりなる被エッチング層14A_eを形成する。被エッチング層14A_eの厚みは、好ましくは0.1~0.8μmとし、更に好ましくは0.3~0.8μmとする。被エッチング層14A_eの形成方法は、電気めっき法でもよいし、スパッタ法でもよい。被エッチング層14A_eの表面の粗さが大きい場合(例えば、算術平均粗さRaが12オングストローム以上の場合)は、化学機械研磨等によって被エッチング層14A_eの表面を研磨して平坦化することが好ましい。

【0150】次に、被エッチング層14A_eの上に、非磁性層15_eを形成する。非磁性層15_eの厚みは、好ましくは0.5μm以下とする。

【0151】次に、図示しないが、非磁性層15_eの上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層を形成する。この電極層の厚みは0.1μm以下とし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とする。

【0152】次に、図29に示したように、フォトリソグラフィ技術を用いて、上記電極層の上に、フォトレジストによって、磁極部分層14Aの形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム31を形成する。次に、このレジストフレーム31を用いて、電気めっき法(フレームめっき法)によって、上記電極層の上に、磁極部分層14Aの形状に対応したマスク32となるめっき膜を形成する。このめっき膜の厚みは1~4μmとし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とする。次に、レジストフレーム31を除去する。

【0153】次に、図30に示したように、マスク32を用いて、イオンミリング等のドライエッチング技術によって、非磁性層15_eおよび被エッチング層14A_eをエッチングして、非磁性層15および磁極部分層14

Aを形成する。このとき、マスク32のうち、少なくとも媒体対向面ABSに対応する部分は完全に除去することが好ましいが、マスク32が非磁性で、耐食性等の点で信頼性が十分にあれば、この限りではない。また、このエッチングにより、非磁性層15および磁極部分層14Aが形成されると同時に、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁が露出する。

【0154】なお、上述のようにめっき膜によるマスク32を形成する代りに、フォトリソグラフィ技術を用いて、非磁性層15eの上に、フォトレジストによって、磁極部分層14Aの形状に対応したレジストパターンを形成してもよい。そして、このレジストパターンをマスクとして、非磁性層15eおよび被エッチング層14Aeをエッチングして、非磁性層15および磁極部分層14Aを形成すると共にヨーク部分層14Bの第1層14B₁を露出させ、その後、レジストパターンを除去してもよい。

【0155】次に、図31に示したように、フォトリソグラフィ技術を用いて、フォトレジストによって、磁極部分層14Aおよび非磁性層15における媒体対向面ABS側の一部を覆うレジストカバー33を形成する。このレジストカバー33の厚みは、後述するヨーク部分層形成用のフレームの厚み以下とするのが好ましい。

【0156】次に、図32に示したように、レジストカバー33、磁極部分層14A（および非磁性層15）、およびヨーク部分層14Bの第1層14B₁の上に、スパッタ法により、電気めっき法のための電極層34を形成する。この電極層34の厚みは0.1μm以下とし、材料は例えば鉄-ニッケル合金とし、下地にTi（チタン）を成膜してもよい。

【0157】次に、図33に示したように、電極層34の上に、フォトレジストによって、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の形状に対応した空隙部を有するレジストフレーム35を形成する。

【0158】次に、図34に示したように、レジストフレーム35を用いて、電気めっき法（フレームめっき法）によって、電極層34の上にヨーク部分層14Bの第2層14B₂を形成する。次に、レジストフレーム35を除去する。

【0159】次に、図35に示したように、電極層34のうち、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の下に存在する部分以外の部分をドライエッチングで除去する。

【0160】次に、図36に示したように、レジストカバー33を除去する。次に、第2の磁性層14を覆うように保護層17を形成する。次に、保護層17の上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面ABSの研磨、浮上用レールの作製等を行って、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0161】なお、本実施の形態においても、図6に示した薄膜磁気ヘッドと同様に、上部シールド層6および

非磁性層7を省き、第1の磁性層8が上部シールド層6を兼ねるようにしてもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0162】[第3の実施の形態] 次に、図37および図38を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図37は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図37は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図37において記号Tで示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図38は図37に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【0163】本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの第1層14B₁の上面は、ギャップ層9の上面と共に平坦化され、これらは同一の平面を形成している。本実施の形態では、この平坦化された第1層14B₁およびギャップ層9の上に、磁極部分層14Aが形成され、更にその上に非磁性層15が形成されている。本実施の形態では、磁極部分層14Aおよび非磁性層15の媒体対向面ABSとは反対側の部分は、第1の磁性層8と第1層14B₁との磁気的な連結部よりも、媒体対向面ABSから離れた位置まで延びている。

【0164】また、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の媒体対向面ABSとは反対側の部分は、磁極部分層14Aおよび非磁性層15の媒体対向面ABSとは反対側の端部の近傍の位置まで延びている。本実施の形態では、第2層14B₂は、磁極部分層14Aに対して、その後端部では接しておらず、その幅方向の両側面においてのみ接している。なお、第2層14B₂は、非磁性層15を介して、磁極部分層14Aの上面に対して磁気的に接続されている。従って、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層14Aに対して直接、接して磁気的に接続され、且つ非磁性層15を介して磁極部分層14Aの上面に対して磁気的に接続されている。

【0165】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第1の実施の形態と同様である。

【0166】なお、本実施の形態においても、図6に示した薄膜磁気ヘッドと同様に、上部シールド層6および非磁性層7を省き、第1の磁性層8が上部シールド層6を兼ねるようにしてもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0167】[第4の実施の形態] 次に、図39ないし図41を参照して、本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図39は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図39は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示している。また、図39において記号Tで示す矢印

は、記録媒体の進行方向を表している。図40は図39に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。図41は図39に示した薄膜磁気ヘッドの変形例の要部を示す斜視図である。なお、図40および図41では、ギャップ層9および薄膜コイル10を省略している。

【0168】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、第2の実施の形態におけるヨーク部分層14Bの第2層14B₂を省いた構成になっている。すなわち、本実施の形態におけるヨーク部分層14Bは、第2の実施の形態におけるヨーク部分層14Bの第1層14B₁と同様の形状をなしている。従って、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bは、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面において磁極部分層14Aに対して磁気的に接続されており、ヨーク部分層14Bと磁極部分層14Aとの接続部分の少なくとも一部は、第1の磁性層8とヨーク部分層14Bとの接続部分よりも媒体対向面ABS側の位置に配置されている。

【0169】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第2の実施の形態において、第2層14B₂を形成する工程を省いたものとなる。

【0170】本実施の形態では、ヨーク部分層14Bの第1の磁性層8とは反対側の面のうち磁極部分層14Aと接しない部分は、磁極部分層14Aのギャップ層9側の面よりも第1の磁性層8側に配置されている。また、ヨーク部分層14Bの第1の磁性層8とは反対側の面の少なくとも一部は、磁極部分層14Aから離れるに従って徐々に第1の磁性層8に近づいている。このようなヨーク部分層14Bの第1の磁性層8とは反対側の面の形状は、磁極部分層14Aを形成する際のエッチングによって決定される。

【0171】なお、図40は、ヨーク部分層14Bを、第2の実施の形態におけるヨーク部分層14Bの第1層14B₁と同様の形状とした場合を示している。これに対し、図41は、絶縁層9Bの厚みを第2の実施の形態よりも大きくして、ヨーク部分層14Bの媒体対向面ABS側の一部における厚みを、図40の場合よりも薄くした場合を示している。

【0172】本実施の形態では、ヨーク部分層14Bを上記のような形状としたことにより、ヨーク部分層14Bの体積を過剰に大きくすることなく、ヨーク部分層14Bによって磁極部分層14Aと第1の磁性層8とを短い距離で磁気的に接続することが可能になる。

【0173】また、本実施の形態では、ヨーク部分層14Bが1層で構成されるため、他の実施の形態に比べて薄膜磁気ヘッドの構造および製造が簡単になる。

【0174】なお、本実施の形態においても、図6に示した薄膜磁気ヘッドと同様に、上部シールド層6および非磁性層7を省き、第1の磁性層8が上部シールド層6を兼ねるようにしてもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第2の実施の形態と同様

である。

【0175】なお、本発明は上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、図1等では、ヨーク部分層14Bの第2層14B₂の媒体対向面ABS側の端部が、第1層14B₁の媒体対向面ABS側の端部よりも媒体対向面ABSの近くに配置されているが、両端部の位置関係はこれとは逆でもよいし、両端部が媒体対向面ABSから等しい距離の位置に配置されていてもよい。

【0176】また、被エッチング層を形成する工程の後で、被エッチング層の上に非磁性層を形成し、この非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成し、このマスクを用いて、非磁性層および被エッチング層をエッチングして磁極部分層の外形を決定する方法は、本発明の薄膜磁気ヘッドに限らず、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部の平坦性を維持することが好ましい薄膜磁気ヘッドであれば、他の形状の薄膜磁気ヘッドにも有効である。

【0177】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし22のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されている。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁気的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度がヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されていることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することができる。これらのことから、本発明によれば、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になるという効果を奏する。

【0178】また、請求項2記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第1の磁性層は記録媒体の進行方向の後側に配置され、第2の磁性層は記録媒体の進行方向の前側に配置されるので、記録媒体において、より高密度の磁化パターンを形成することができ、その結果、線記録密度を高めることができるという効果を奏する。

【0179】また、請求項3または4記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層が、第1の磁性層と磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁気

的に接続された第1層と、第1層と磁極部分層の幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第2層とを含むようにしたので、ヨーク部分層の形成が容易になるという効果を奏する。

【0180】また、請求項4記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の第2層は、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に磁氣的に接続されているので、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面からも、ヨーク部分層の第2層から磁極部分層へ磁束を導くことができ、電磁変換効率が向上するという効果を奏する。

【0181】また、請求項5ないし7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面において磁極部分層に対して磁氣的に接続されているので、第2の磁性層の途中における磁束の飽和をより一層防止することができるという効果を奏する。

【0182】また、請求項6または7記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層が、第1の磁性層と磁極部分層のギャップ層側の面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第1層と、第1層と磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面および幅方向の両側面とに接し、これらに対して磁氣的に接続された第2層とを含むようにしたので、ヨーク部分層の形成が容易になるという効果を奏する。

【0183】また、請求項7記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の第2層は、更に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に磁氣的に接続されているので、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面からも、ヨーク部分層の第2層から磁極部分層へ磁束を導くことができ、電磁変換効率が向上するという効果を奏する。

【0184】また、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の媒体対向面側の端部は、媒体対向面から離れた位置に配置されているので、ヨーク部分層の媒体対向面側の端部より発生される磁界によって記録媒体に情報の書き込みが生じることを防止することができるという効果を奏する。

【0185】また、請求項9記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分の幅が磁極部分層の媒体対向面における幅よりも大きいので、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分での磁束の飽和を防止して、磁束を効率よくヨーク部分層から磁極部分層へ導くことができ、且つ磁極部分層の媒体対向面における露出面積を小さくすることで、記録媒体に印加される磁界を大きくすることができるという効果を奏する。

【0186】また、請求項10記載の薄膜磁気ヘッドによれば、媒体対向面から磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面までの長さを $2\mu\text{m}$ 以上としたので、磁極部分層の厚みや幅を大きくすることなく、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分での磁束の飽和を防止して、磁束を効率よくヨーク部分層から磁極部分層へ導くことが

できるという効果を奏する。

【0187】また、請求項11ないし14のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備えたので、磁極部分層をドライエッチングによって形成する際や、ヨーク部分層を電気めっき法によって形成する際に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面がダメージを受けることを防止でき、その面を平坦にすることができるという効果を奏する。

【0188】また、請求項12記載の薄膜磁気ヘッドによれば、非磁性層が媒体対向面に露出しているので、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部を平坦に保ち、媒体対向面において磁極部分層より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができるという効果を奏する。

【0189】また、請求項13記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の一部は非磁性層を介して磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に隣接し、非磁性層を介して磁極部分層に磁氣的に接続されているので、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面からも、非磁性層を介してヨーク部分層から磁極部分層へ磁束を導くことができるという効果を奏する。

【0190】また、請求項14記載の薄膜磁気ヘッドによれば、非磁性層は、磁極部分層を構成する材料、およびギャップ層のうち磁極部分層に接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料よりなるので、磁極部分層をドライエッチングによって形成する際に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面がダメージを受けることを防止することができるという効果を奏する。

【0191】また、請求項15記載の薄膜磁気ヘッドによれば、薄膜コイルの少なくとも一部は、第1の磁性層と第2の磁性層の磁極部分層との中間の位置よりも第1の磁性層に近い位置に配置されているので、第1の磁性層によって、薄膜コイルから発生する磁界を効率よく吸収できるという効果を奏する。

【0192】また、請求項16ないし18のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ギャップ層は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも薄膜コイルの少なくとも一部の巻線間に充填され、媒体対向面に露出しない第1の部分と、第1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、媒体対向面に露出する第2の部分とを有するので、薄膜コイルの巻線間に隙間なく非磁性材料を充填でき、且つギャップ層の信頼性を高めることができるという効果を奏する。

【0193】また、請求項19ないし21のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたので、誘導型電磁変換素子を用い

て再生を行う場合に比べて、再生性能を向上させることができるという効果を奏する。

【0194】また、請求項22記載の薄膜磁気ヘッドによれば、この薄膜磁気ヘッドが垂直磁気記録方式に用いられるようにしたので、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくくして、線記録密度を高めることができるという効果を奏する。

【0195】請求項23ないし31のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁気的に接続される。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁気的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度がヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することができる。これらのことから、本発明によれば、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になるという効果を奏する。

【0196】また、請求項24記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、ヨーク部分層は、更に、磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面において磁極部分層に対して磁気的に接続されるので、第2の磁性層の途中における磁束の飽和をより一層防止することができるという効果を奏する。

【0197】また、請求項25ないし31のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁極部分層を形成する前にヨーク部分層の第1層を形成し、磁極部分層を形成した後にヨーク部分層の第2層を形成するので、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面および幅方向の両側面において磁極部分層に対して磁気的に接続されるヨーク部分層を、容易に形成することが可能になるという効果を奏する。また、本発明では、平坦化された第1層およびギャップ層の上に、磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成し、この被エッチング層をドライエッチングによって選択的にエッチングして磁極部分層の外形を決定している。従って、本発明によれば、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層側の端部を平坦化することができる。また、これにより、被エッチング層をスパッタ法によって形成する場合

には、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部も平坦化することができる。これらのことから、本発明によれば、媒体対向面において磁極部分層より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができるという効果を奏する。

【0198】また、請求項26記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、ヨーク部分層の第2層は、更に、磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面に接し、これに対して磁気的に接続されるので、第2の磁性層の途中における磁束の飽和をより一層防止することができるという効果を奏する。

【0199】また、請求項27記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、被エッチング層を形成する工程の後で、研磨により、被エッチング層の上面を平坦化するようにしたので、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部を完全に平坦化することができ、これにより、媒体対向面において磁極部分層より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができるという効果を奏する。

【0200】また、請求項28または29記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、被エッチング層を形成する工程の後で、被エッチング層の上に非磁性層を形成し、この非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成し、このマスクを用いて、非磁性層および被エッチング層をエッチングして磁極部分層の外形を決定するようにしたので、被エッチング層の上面を非磁性層で保護した状態で磁極部分層の外形を決定でき、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部の平坦性を維持することが可能になるという効果を奏する。

【0201】また、請求項29記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、マスクを形成する工程は、非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応した空隙部を有するレジストフレームを形成し、このレジストフレームの空隙部内にマスクを形成するようにしたので、ドライエッチングに対する耐性に優れたマスクを形成することが可能になり、その結果、磁極部分層を構成する材料がドライエッチングに対する耐性に優れている場合でも、マスクを用いたドライエッチングによって磁極部分層の外形を決定することが可能になるという効果を奏する。

【0202】また、請求項30または31記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、電気めっき法によってヨーク部分層の第2層を形成するようにしたので、第2層を容易に形成できると共に、第2層を、その下地の形状によく追従した形状に形成することが可能になるという効果を奏する。

【0203】また、請求項31記載の薄膜磁気ヘッドの

製造方法によれば、ヨーク部分層の第2層を形成する工程は、磁極部分層における媒体対向面側の一部を覆うレジストカバーを形成する工程と、レジストカバー、磁極部分層およびヨーク部分層の第1層の上に、電気めっき法のための電極層を形成する工程と、電極層を用いて、電気めっき法によってヨーク部分層の第2層を形成する工程とを含むようにしたので、磁極部分層における媒体対向面側の一部の側面に電極層やエッチング時の付着物が残留することを防止することができ、電極層の残留によってトラック幅が大きくなったり、エッチング時の付着物の残留により薄膜磁気ヘッドの信頼性が低下したりすることを防止することができるという効果を奏する。

【0204】また、請求項32ないし49のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において磁極部分層に対して磁氣的に接続されており、ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分は、第1の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置されている。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁氣的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度がヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁氣的に接続されていることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することができる。これらのことから、本発明によれば、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になるという効果を奏する。

【0205】また、請求項33記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の第1の磁性層とは反対側の面のうち前記磁極部分層と接しない部分は、磁極部分層のギャップ層側の面よりも第1の磁性層側に配置されているので、ヨーク部分層の体積を過剰に大きくすることなく、磁極部分層と第1の磁性層とを短い距離で磁氣的に接続することが可能になるという効果を奏する。

【0206】また、請求項34記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の第1の磁性層とは反対側の面の少なくとも一部は、磁極部分層から離れるに従って徐々に第1の磁性層に近づいているので、ヨーク部分層の体積を過剰に大きくすることなく、磁極部分層と第1の磁性層とを短い距離で磁氣的に接続することが可能になるという効果を奏する。

【0207】また、請求項35記載の薄膜磁気ヘッドに

よれば、第1の磁性層は記録媒体の進行方向の後側に配置され、第2の磁性層は記録媒体の進行方向の前側に配置されるので、記録媒体において、より高密度の磁化パターンを形成することができ、その結果、線記録密度を高めることができるという効果を奏する。

【0208】また、請求項36記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の媒体対向面側の端部は、媒体対向面から離れた位置に配置されているので、ヨーク部分層の媒体対向面側の端部より発生される磁界によって記録媒体に情報の書き込みが生じることを防止することができるという効果を奏する。

【0209】また、請求項37記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分の幅が磁極部分層の媒体対向面における幅よりも大きいので、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分での磁束の飽和を防止して、磁束を効率よくヨーク部分層から磁極部分層へ導くことができ、且つ磁極部分層の媒体対向面における露出面積を小さくすることで、記録媒体に印加される磁界を大きくすることができるという効果を奏する。

【0210】また、請求項38記載の薄膜磁気ヘッドによれば、媒体対向面から磁極部分層の媒体対向面とは反対側の端面までの長さを $2\mu\text{m}$ 以上としたので、磁極部分層の厚みや幅を大きくすることなく、磁極部分層のヨーク部分層と接する部分での磁束の飽和を防止して、磁束を効率よくヨーク部分層から磁極部分層へ導くことができるという効果を奏する。

【0211】また、請求項39ないし41のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面に接する非磁性層を備えたので、磁極部分層をドライエッチングによって形成する際や、ヨーク部分層を電気めっき法によって形成する際に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面がダメージを受けることを防止でき、その面を平坦にすることができるという効果を奏する。

【0212】また、請求項40記載の薄膜磁気ヘッドによれば、非磁性層が媒体対向面に露出しているので、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部を平坦に保ち、媒体対向面において磁極部分層より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットの歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができるという効果を奏する。

【0213】また、請求項41記載の薄膜磁気ヘッドによれば、非磁性層は、磁極部分層を構成する材料、およびギャップ層のうち磁極部分層に接する部分を構成する材料よりもドライエッチングに対するエッチング速度が小さい材料よりなるので、磁極部分層をドライエッチングによって形成する際に、磁極部分層のギャップ層とは反対側の面がダメージを受けることを防止することができるという効果を奏する。

【0214】また、請求項42記載の薄膜磁気ヘッドによれば、薄膜コイルの少なくとも一部は、第1の磁性層と第2の磁性層の磁極部分層との中間の位置よりも第1の磁性層に近い位置に配置されているので、第1の磁性層によって、薄膜コイルから発生する磁界を効率よく吸収できるという効果を奏する。

【0215】また、請求項43ないし45のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ギャップ層は、形成時に流動性を有する材料よりなり、少なくとも薄膜コイルの少なくとも一部の巻線間に充填され、媒体対向面に露出しない第1の部分と、第1の部分よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた材料よりなり、媒体対向面に露出する第2の部分とを有するので、薄膜コイルの巻線間に隙間なく非磁性材料を充填でき、且つギャップ層の信頼性を高めることができるという効果を奏する。

【0216】また、請求項46ないし48のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、再生素子としての磁気抵抗効果素子を備えたので、誘導型電磁変換素子を用いて再生を行う場合に比べて、再生性能を向上させることができるという効果を奏する。

【0217】また、請求項49記載の薄膜磁気ヘッドによれば、この薄膜磁気ヘッドが垂直磁気記録方式に用いられるようにしたので、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくくして、線記録密度を高めることができるという効果を奏する。

【0218】請求項50ないし54のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層は磁極部分層とヨーク部分層とを有し、薄膜コイルの少なくとも一部の第2の磁性層側の面は、媒体対向面におけるギャップ層の第2の磁性層側の端部の位置よりも第1の磁性層側の位置に配置され、ヨーク部分層は、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において磁極部分層に対して磁気的に接続され、ヨーク部分層と磁極部分層との接続部分は、第1の磁性層とヨーク部分層との接続部分よりも媒体対向面側の位置に配置される。従って、本発明では、ヨーク部分層は、第1の磁性層に対する磁気的な連結部と磁極部分層との間に短い磁気経路を形成することができ、且つヨーク部分層を薄膜コイルの近くに配置することが可能になる。また、本発明では、磁極部分層の飽和磁束密度がヨーク部分層の飽和磁束密度以上であることと、ヨーク部分層が少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において、磁極部分層に対して磁気的に接続されることから、第2の磁性層の途中における磁束の飽和を防止することができる。これらのことから、本発明によれば、電磁変換効率を高め、磁極部分より発生される、記録媒体の面に垂直な方向の磁界を大きくし、且つ磁路長を短縮して高周波特性を向上させることが可能になるという効果を奏する。

【0219】また、請求項51ないし54のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁極部分層

を形成する前にヨーク部分層を形成するので、少なくとも磁極部分層のギャップ層側の面において磁極部分層に対して磁気的に接続されるヨーク部分層を、容易に形成することが可能になるという効果を奏する。また、本発明では、平坦化されたヨーク部分層およびギャップ層の上に、磁極部分層を構成する材料よりなる被エッチング層を形成し、この被エッチング層をドライエッチングによって選択的にエッチングして磁極部分層の外形を決定している。従って、本発明によれば、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層側の端部を平坦化することができる。また、これにより、被エッチング層をスパッタ法によって形成する場合には、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部も平坦化することができる。これらのことから、本発明によれば、媒体対向面において磁極部分層より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットの歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができるという効果を奏する。

【0220】また、請求項52記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、被エッチング層を形成する工程の後で、研磨により、被エッチング層の上面を平坦化するようにしたので、媒体対向面において、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部を完全に平坦化することができ、これにより、媒体対向面において磁極部分層より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットの歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができるという効果を奏する。

【0221】また、請求項53または54記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、被エッチング層を形成する工程の後で、被エッチング層の上に非磁性層を形成し、この非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応したマスクを形成し、このマスクを用いて、非磁性層および被エッチング層をエッチングして磁極部分層の外形を決定するようにしたので、被エッチング層の上面を非磁性層で保護した状態で磁極部分層の外形を決定でき、磁極部分層のギャップ層とは反対側の端部の平坦性を維持することが可能になるという効果を奏する。

【0222】また、請求項54記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、マスクを形成する工程は、非磁性層の上に、磁極部分層の形状に対応した空隙部を有するレジストフレームを形成し、このレジストフレームの空隙部内にマスクを形成するようにしたので、ドライエッチングに対する耐性に優れたマスクを形成することが可能になり、その結果、磁極部分層を構成する材料がドライエッチングに対する耐性に優れている場合でも、マスクを用いたドライエッチングによって磁極部分層の外形を決定することが可能になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図 3】図 2 における磁極部分の近傍を拡大して示す斜視図である。

【図 4】図 1 に示した薄膜磁気ヘッドの媒体対向面の一部を示す正面図である。

【図 5】図 4 における磁極部分層および非磁性層を拡大して示す正面図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施の形態における変形例の薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を示す断面図である。

【図 8】図 7 に続く工程を示す断面図である。

【図 9】図 8 に続く工程を示す断面図である。

【図 10】図 9 に続く工程を示す断面図である。

【図 11】図 10 に続く工程を示す断面図である。

【図 12】図 11 に続く工程を示す断面図である。

【図 13】図 12 に続く工程を示す断面図である。

【図 14】図 13 に続く工程を示す断面図である。

【図 15】図 14 に続く工程を示す断面図である。

【図 16】図 15 に続く工程を示す断面図である。

【図 17】図 16 に続く工程を示す断面図である。

【図 18】図 17 に続く工程を示す断面図である。

【図 19】図 18 に続く工程を示す断面図である。

【図 20】図 19 に続く工程を示す断面図である。

【図 21】図 20 に続く工程を示す断面図である。

【図 22】図 21 に続く工程を示す断面図である。

【図 23】本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図 24】図 23 に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す*

* 斜視図である。

【図 25】本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を示す断面図である。

【図 26】図 25 に続く工程を示す断面図である。

【図 27】図 26 に続く工程を示す断面図である。

【図 28】図 27 に続く工程を示す断面図である。

【図 29】図 28 に続く工程を示す断面図である。

【図 30】図 29 に続く工程を示す断面図である。

【図 31】図 30 に続く工程を示す断面図である。

【図 32】図 31 に続く工程を示す断面図である。

【図 33】図 32 に続く工程を示す断面図である。

【図 34】図 33 に続く工程を示す断面図である。

【図 35】図 34 に続く工程を示す断面図である。

【図 36】図 35 に続く工程を示す断面図である。

【図 37】本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図 38】図 37 に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図 39】本発明の第 4 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

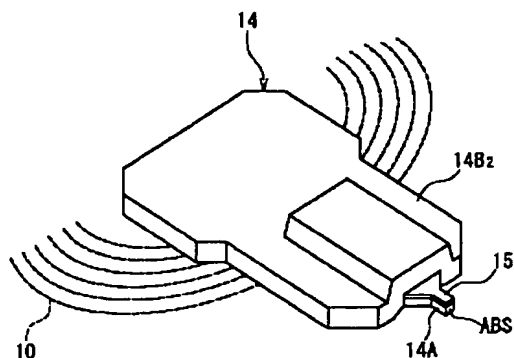
【図 40】図 39 に示した薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

【図 41】図 39 に示した薄膜磁気ヘッドの変形例の要部を示す斜視図である。

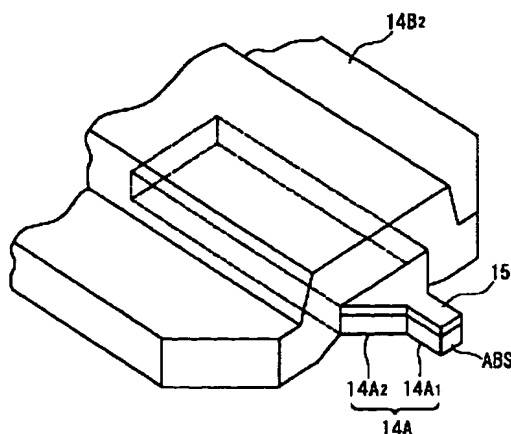
【符号の説明】

3…下部シールド層、4…絶縁層、5…MR素子、6…上部シールド層、7…非磁性層、8…第 1 の磁性層、9…ギャップ層、9A、9B、9C…絶縁層、10…薄膜コイル、14…第 2 の磁性層、14A…磁極部分層、14B…ヨーク部分層、14B₁…第 1 層、14B₂…第 2 層、15…非磁性層。

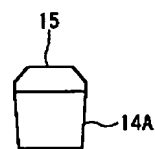
【図 2】



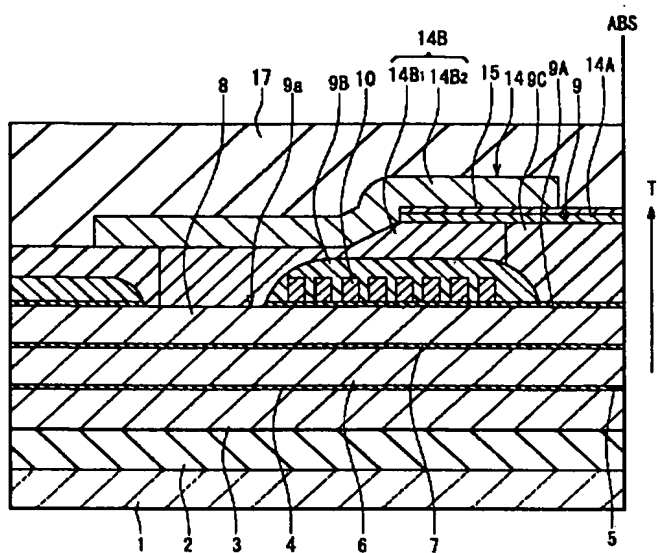
【図 3】



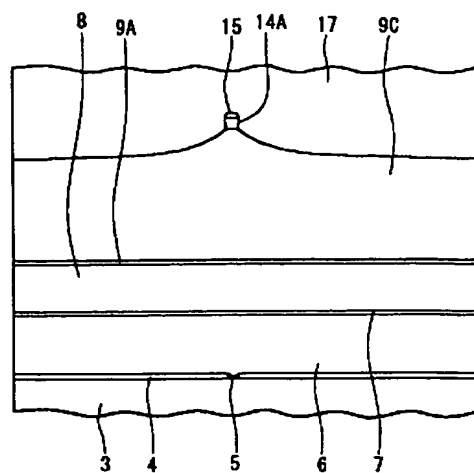
【図 5】



【図 1】

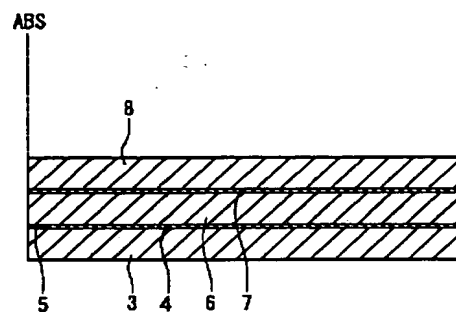
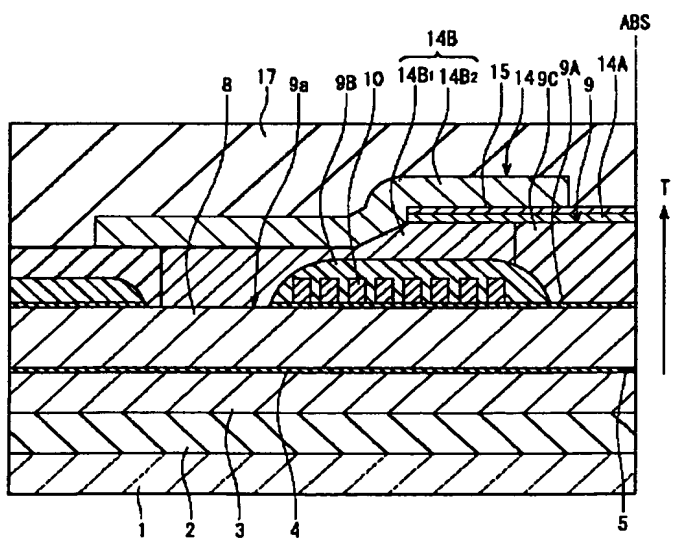


【図 4】

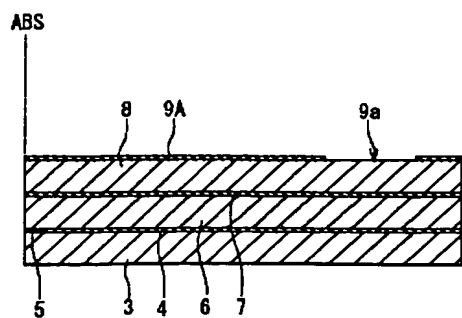


【図 7】

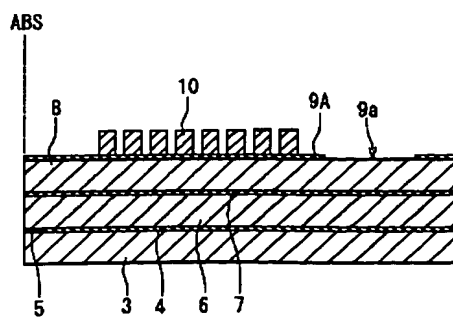
【図 6】



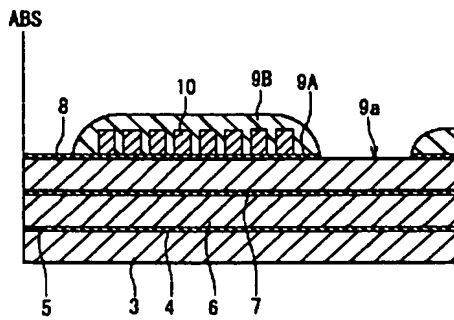
【図 8】



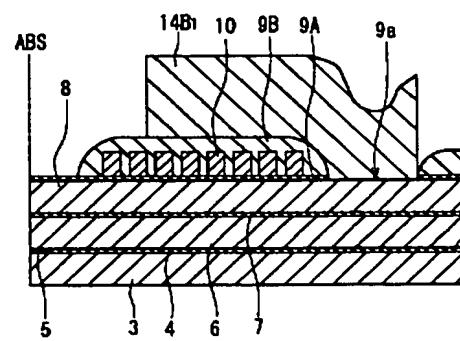
【図 9】



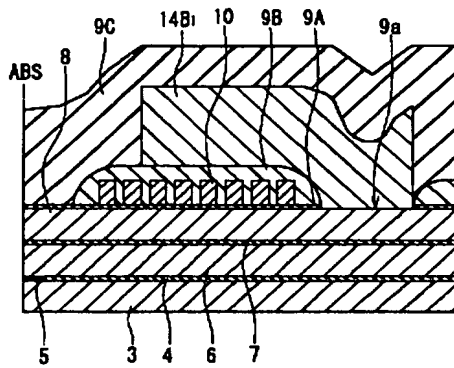
【図 10】



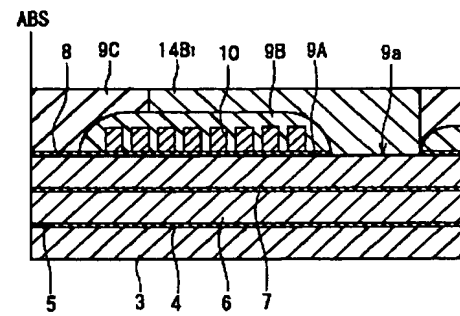
【図 11】



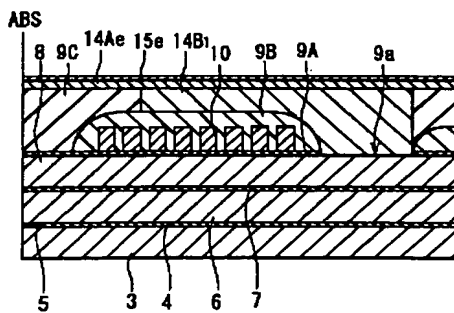
【図 12】



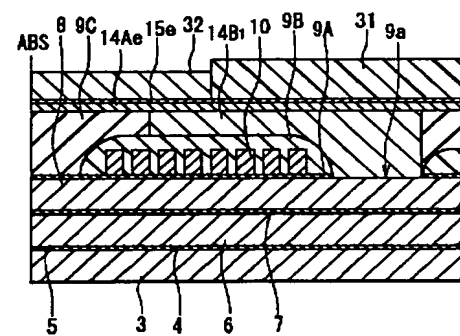
【図 13】



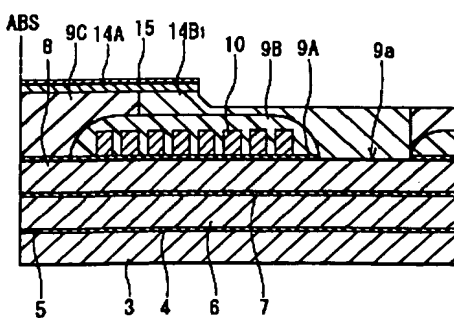
【図 14】



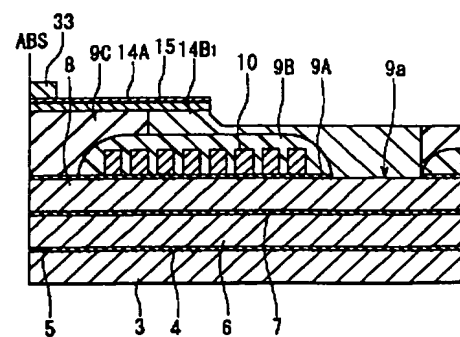
【図 15】



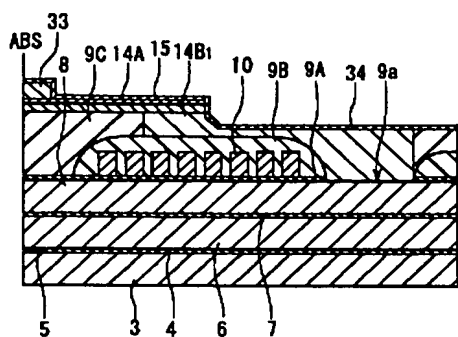
【図 16】



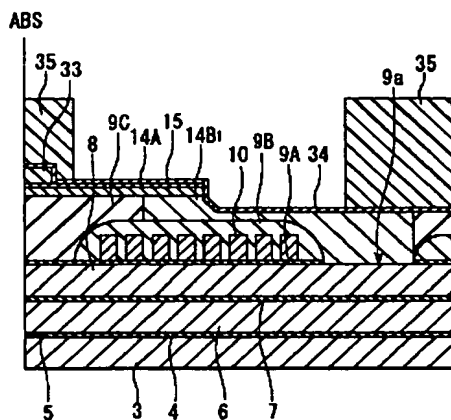
【図 17】



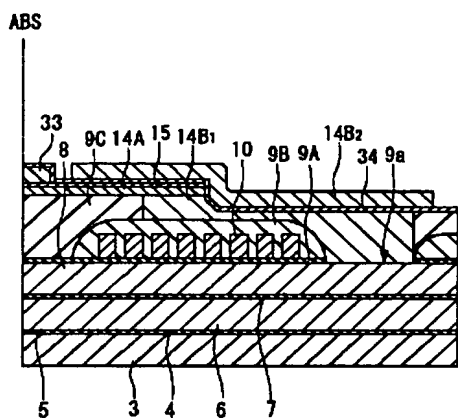
【図 18】



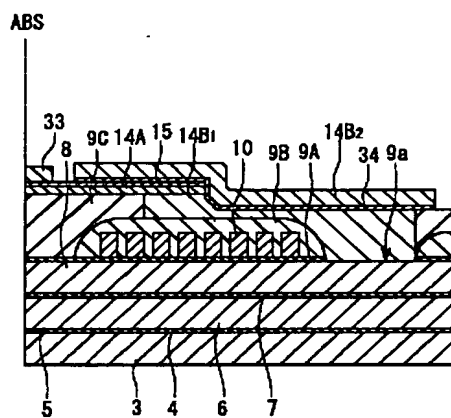
【図 19】



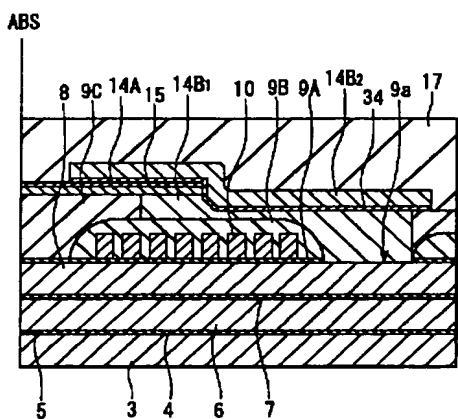
【図 20】



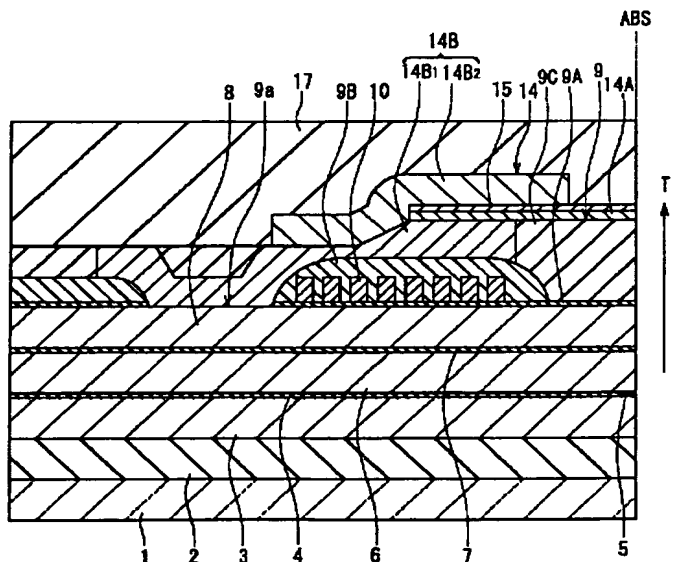
【図 21】



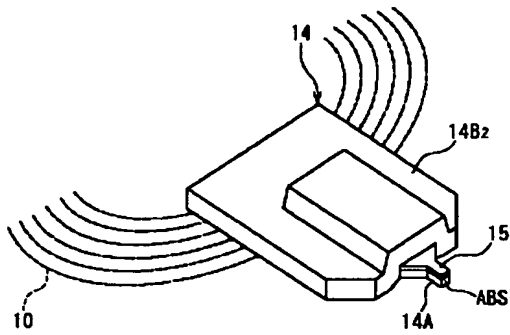
【図 22】



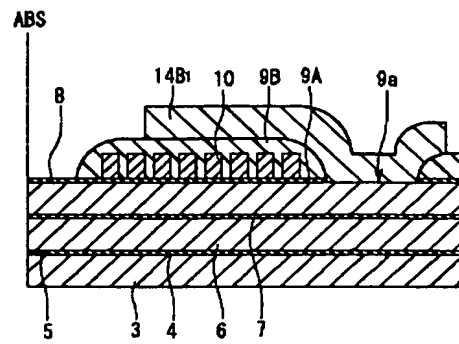
【図 23】



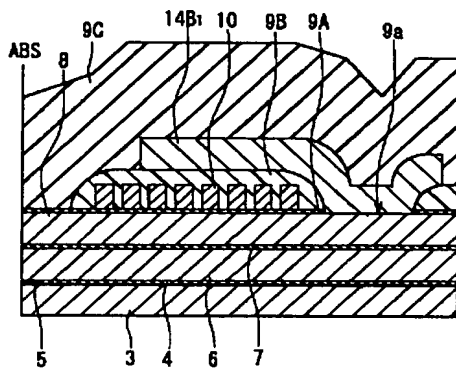
【図 24】



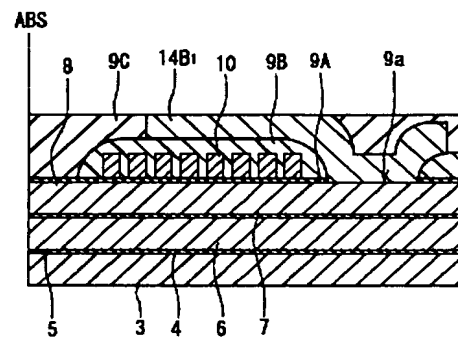
【図 25】



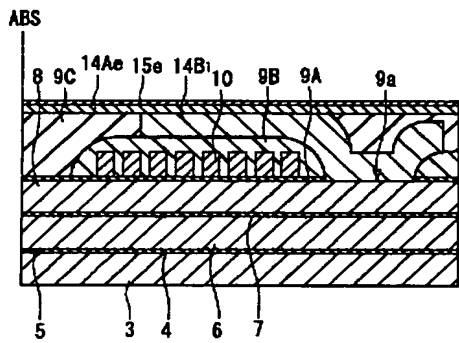
【図 26】



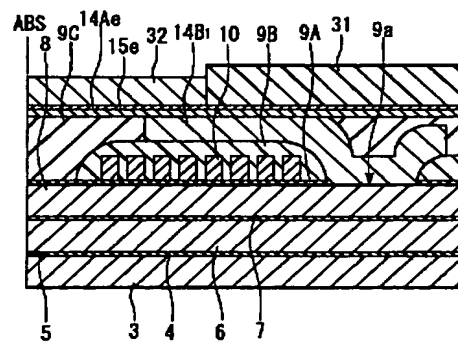
【図 27】



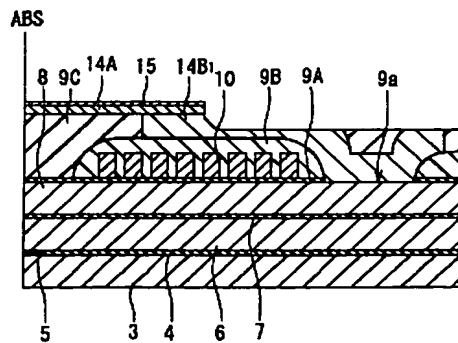
【図 28】



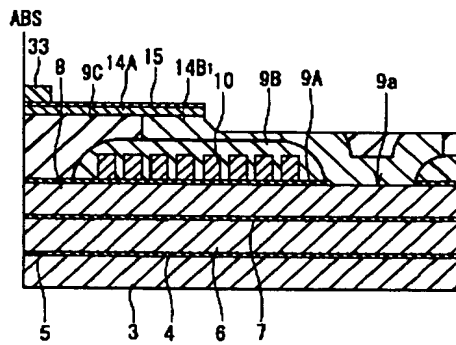
【図 29】



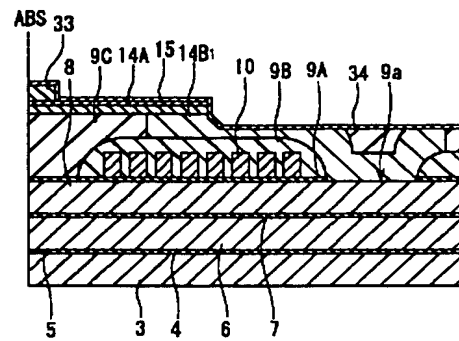
【図 30】



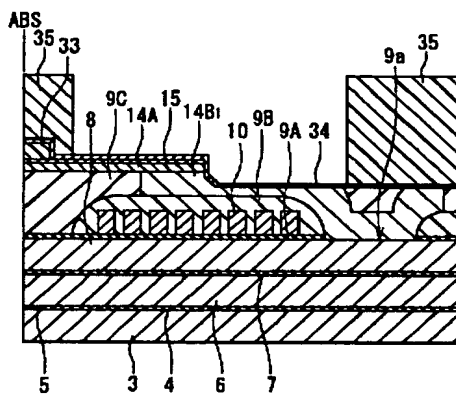
【図 3 1】



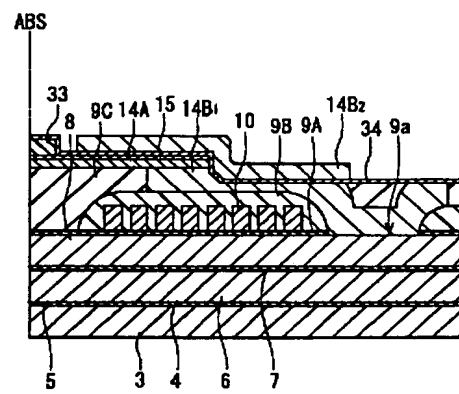
【図 3 2】



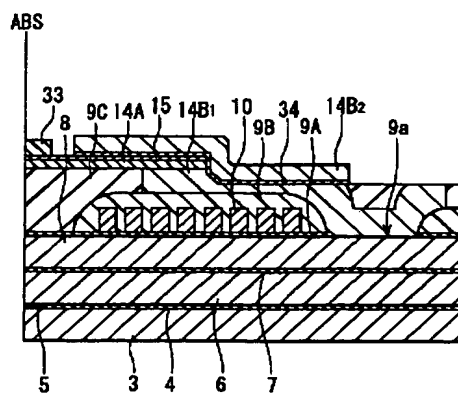
【図 3 3】



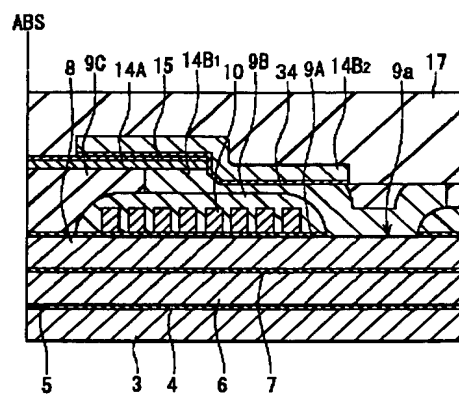
【図 3 4】



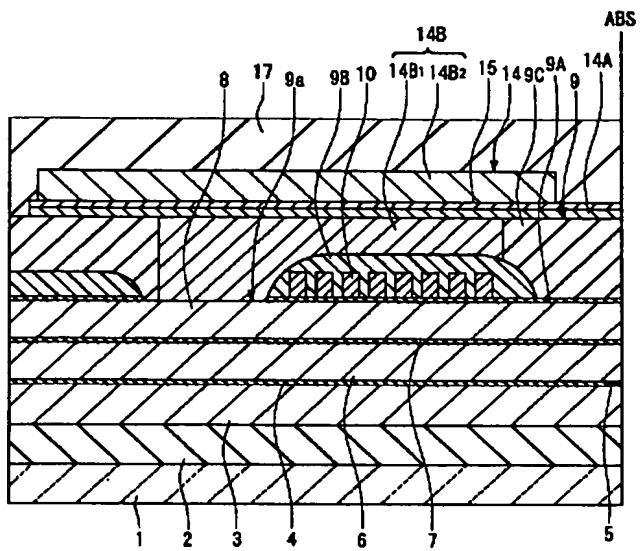
【図 3 5】



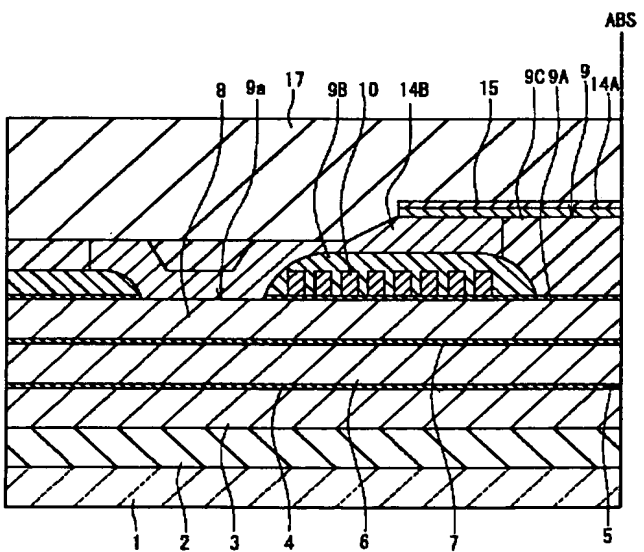
【図 3 6】



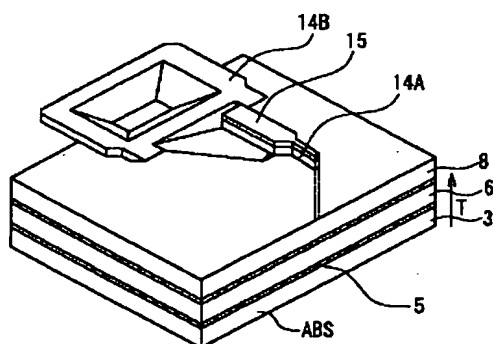
【図 37】



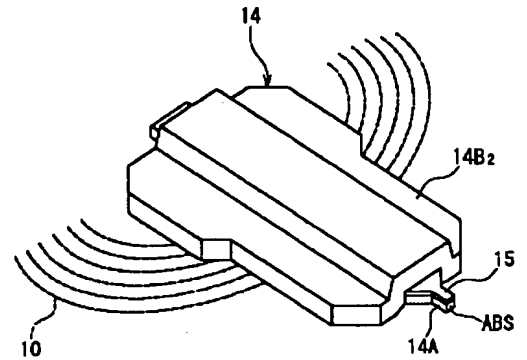
【図 39】



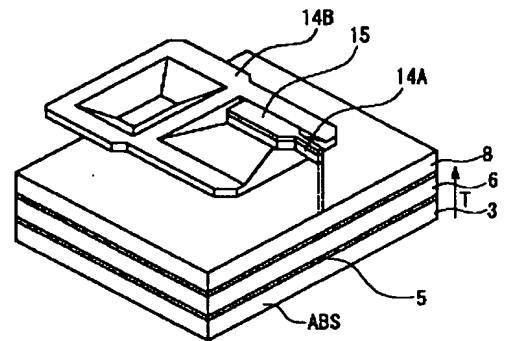
【図 41】



【図 38】



【図 40】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. '	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 43/08		H O 1 L 43/08	Z
(72) 発明者	六本木 哲也	F ターム (参考)	5D033 AA05 BA07 BA12 BA22 BA34
	東京都中央区日本橋一丁目13番 1 号 ティーディーケイ株式会社内		BA41 BB03 BB43 CA00 CA01
			DA04 DA07 DA31
			5D034 AA05 BA02 BA18 BB01 DA07

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.